

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС ПОДШИПНИКА
ТЯГОВОГО МЕХАНИЗМА»

Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.04
Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль подготовки «Машиностроение и материалобработка»
профилизация «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 731

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина
«___» _____ 2018г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС
ПОДШИПНИКА ТЯГОВОГО МЕХАНИЗМА»**

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04
Профессиональное обучение (по отраслям)
профиль подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализация «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 731

Исполнитель:
студент группы ЗТО-405С

Н. В. Истомина

Руководитель:
доцент, к.п.н.

Д. Г. Мирошин

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 120 листов печатного текста, 22 иллюстрации, 27 слайдов, 34 таблицы, 30 использованных источников, 4 приложения.

Ключевые слова: ДЕТАЛЬ «КОРПУС ПОДШИПНИКА ТЯГОВОГО МЕХАНИЗМА», ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ, РАСЧЁТ НОРМ ВРЕМЕНИ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОЦ С ЧПУ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОБОСНОВАНИЕ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, ОПЕРАТОР СТАНКОВ С ЧПУ, УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.

Разработка технологического процесса механической обработки в условиях среднесерийного производства ведется за счёт применения современного обрабатывающего центра с ЧПУ.

Выбран металлорежущий инструмент для всех переходов технологической операции.

Выбраны элементы режима резания для всех операций, выполняемых на ОЦ с ЧПУ, и посчитаны нормы времени на изготовление одной детали.

Составлена управляющая программа.

Приведено экономическое обоснование использования ОЦ с ЧПУ.

Разработан урок повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ			
Из	Лист	№	Подп.	Дата	Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус подшипника тягового механизма»	Лит.	Лист	Листо
Разраб.	Истомин						3	120
Пров.	Мирошин							
Н. Контр.	Суриков					ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО Группа ЗТО-405с		
Зав. каф.	Бородина							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	7
1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали	7
1.2. Анализ технологичности конструкции детали	10
2.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	15
2.1. Определение типа производства	15
2.2. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	17
2.3. Выбор технологических баз	18
2.4. Составление технологического маршрута обработки детали «Корпус подшипника тягового механизма».....	19
2.5. Выбор и описание оборудования	22
2.6. Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания	24
2.7. Расчет припусков.....	34
2.8. Расчет технических норм времени	39
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	45
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	52
4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	52
4.2. Расчет капитальных затрат.....	52
4.3. Расчет технологической себестоимости детали	55
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Лист задания по дипломному проектированию	96
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Перечень листов графических документов.....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплект технологической документации.....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Презентация к методической части	108

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного машиностроения претерпевает фундаментальные изменения с новым, качественно отливающимся этапом автоматизации машиностроительного производства.

Автоматизация в машиностроении в первой половине XX века касалась в основном массового производства, и только с появлением в 50-х годах станков с числовым программным управлением автоматизация стала развиваться в единичном, мелко- и среднесерийном производстве.

Однако в этих производствах автоматизация не дала пока такого эффекта, как в массовом производстве, ни по повышению производительности труда, ни по снижению себестоимости. А вместе с тем более 80% всей продукции выпускается именно в серийном, мелкосерийном и единичным производстве.

Доля серийного и мелкосерийного производств непрерывно растет в связи с более быстрым устареванием и сменяемостью выпускаемой продукции.

Эта тенденция ограничивает возможности автоматизации массового производства на базе автоматической линий. Автоматическая линия, предназначенная для выпуска одного фиксированного для нее изделия, перестала быть прогрессивным средством производства, поскольку сдерживает переход на выпуск новых, более современных изделий.

В современных условиях широкое распространение получает технологическое оборудование с числовым программным управлением, позволяющее производить весь комплекс обработки на одном станке. Оно отличается высокой производительностью, повышенной точностью, высокой концентрацией обработки и снижением участия человека в процессе работы.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус подшипника тягового

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

механизма» в условиях среднесерийного производства.

Цель дипломного проекта определяет следующие задачи:

- анализ исходной информации;
- разработка технологического процесса;
- разработка операции механической обработки;
- разработка управляющей программы;
- экономическое обоснование проекта;
- методическая разработка.

В разработанном тех. процессе предполагается использовать современное высокоточное оборудование и эффективный инструмент, что обеспечит высокую производительность и качество обработки изготавливаемой детали.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Исходными данными, согласно заданию, являются рабочий чертёж детали со всеми техническими требованиями, годовая программа выпуска деталей, рабочий чертёж заготовки. Тип производства – среднесерийный.

Для разработки технологического процесса необходимы данные имеющиеся в справочниках и нормативах машиностроения.

1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Корпус подшипника тягового механизма – деталь, предназначенная для фиксации группы подшипников и их установки в механизм.

В отверстия детали $\phi 62H7$ устанавливаются подшипники качения, отверстия детали $\phi 62,5$ предназначены для облегчения сборки узла при установке подшипников. Канавки $\phi 65$ предназначены для установки стопорных колец для предотвращения смещения подшипников в осевом направлении.

Отверстия $M16-7H$ предназначены для крепления корпуса подшипников к раме машины.

В отверстие $\phi 25H9$ устанавливается датчик контроля температуры рабочей среды машины (рис. 1).

Деталь «Корпус подшипника тягового механизма» изготавливается из литейной стали марки 35Л по ГОСТ 977-88.

Использование в промышленности: станины прокатных станов, зубчатые колеса, тяги, бегунки, задвижки, балансиры, диафрагмы, катки, валки, кронштейны и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок [23].

Приведем в таблицах 1 и 2 химический состав и механические свойства стали 35Л.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

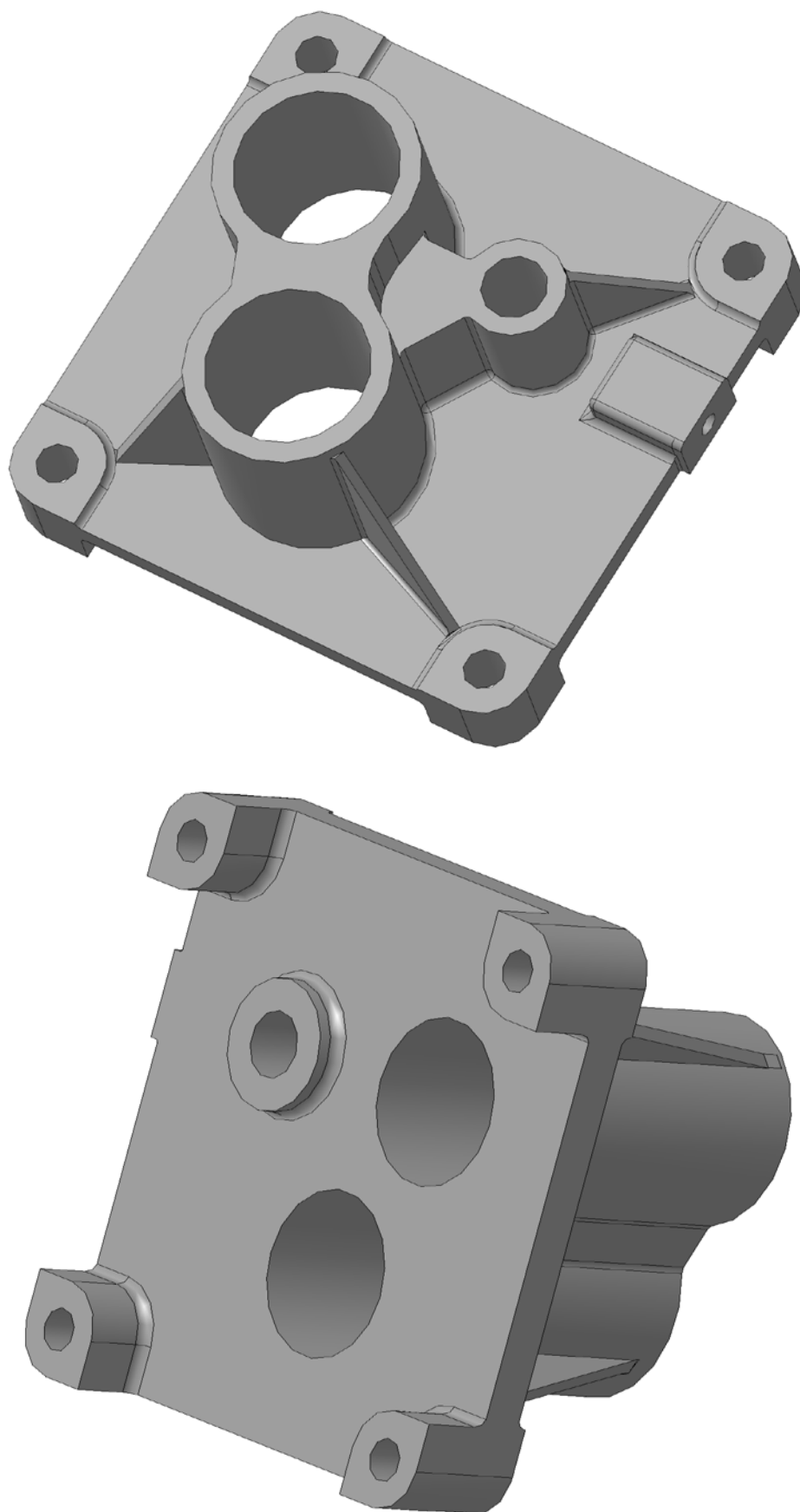


Рисунок 1 – 3D модель детали «Корпус подшипника тягового механизма»

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Таблица 1- Химический состав стали 35Л, % (по ГОСТ 977-88) [18]

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu
			не более				
0,32-0,40	0,2-0,52	0,4-0,9	0,045	0,040	до 0,3	до 0,3	до 0,3

Таблица 2 - Механические свойства стали 35Л (по ГОСТ 977-88) [18]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	σ_s , %	ψ , %	α_H , Дж/см ²	HB
250	590	30	25	41	143-156

Технологические свойства [23]:

Термообработка - нормализация 860...880°C, отпуск 600...630°C;

Твердость материала HB=137...229;

Флокеночувствительность (склонность к поражению флокенами, появление которых связано с уровнем содержания водорода в стали): малочувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости - не склонна;

Обрабатываемость резанием: в термообработанном состоянии при HB160 $K_{\text{отв.спл}}=1,2$ и $K_{\text{отв.ст}}=0,9$;

Температура начала затвердевания, °C: 1480...1490;

Показатель трещиностойчивости, $K_{т.у.}=0,8$;

Структура и особенности стали марки 35Л: среднеуглеродистая литая сталь 35Л без термообработки обычно имеет феррито-перлитную структуру с видманштеттовым (ориентированным) распределением феррита и наличием ферритной сетки по границам бывших аустенитных зерен. После нормализации от 850...870°C, а также после нормализации и высокого отпуска при 620...640°C видны остатки неравномерного ориентированного распределения феррита в виде крупных выделений и остатков сетки. После нормализации от температуры 850...870°C с последующим улучшением

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

литая сталь характеризуется также большой структурной неоднородностью.

Непосредственные наблюдения структурных изменений при нагреве до 1000°C стали 35Л в высокотемпературном микроскопе показали, что в интервале $720-800^{\circ}\text{C}$ проходит фазовая перекристаллизация, сопровождающаяся образованием большого количества новых границ внутри ферритных игл и перлитных колоний. В интервале $900-930^{\circ}\text{C}$ вместо большого количества мелких зерен возникают крупные зерна. После 960°C наблюдается быстрый собирательный рост и образование крупных зерен.

Применение высокотемпературной нормализации от $950...970^{\circ}\text{C}$ или нормализации от $950...970^{\circ}\text{C}$ с последующим улучшением позволяет значительно измельчить феррит, ликвидировать его ориентированность, уменьшить общую неоднородность структуры. Таким образом, применение предварительной термообработки, приводящей к измельчению структуры и повышению ее однородности, позволяет обеспечить оптимальное сочетание свойств литых стальных деталей для точного машиностроения и приборостроения [23].

Сталь 35Л оптимально подходит для изготовления детали «Корпус подшипника тягового механизма».

1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции изделия производится с целью повышения производительности труда, снижения затрат и сокращения времени на технологическую подготовку производства.

Технологический анализ детали проводят как качественный, так и количественный [1]. На рисунке 2 покажем эскизы детали «Корпус подшипника тягового механизма».

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Формулировка основных технологических задач

Основные технологические задачи (рис. 2).

Обеспечить качество:

- отверстий $\varnothing 62H7$, $\varnothing 25H9$ по $Ra1,6\text{мкм}$; отверстия $M16-7H$, $M8-7H$ по $Ra3,2\text{мкм}$; остальные поверхности по $Ra6,3\text{мкм}$.

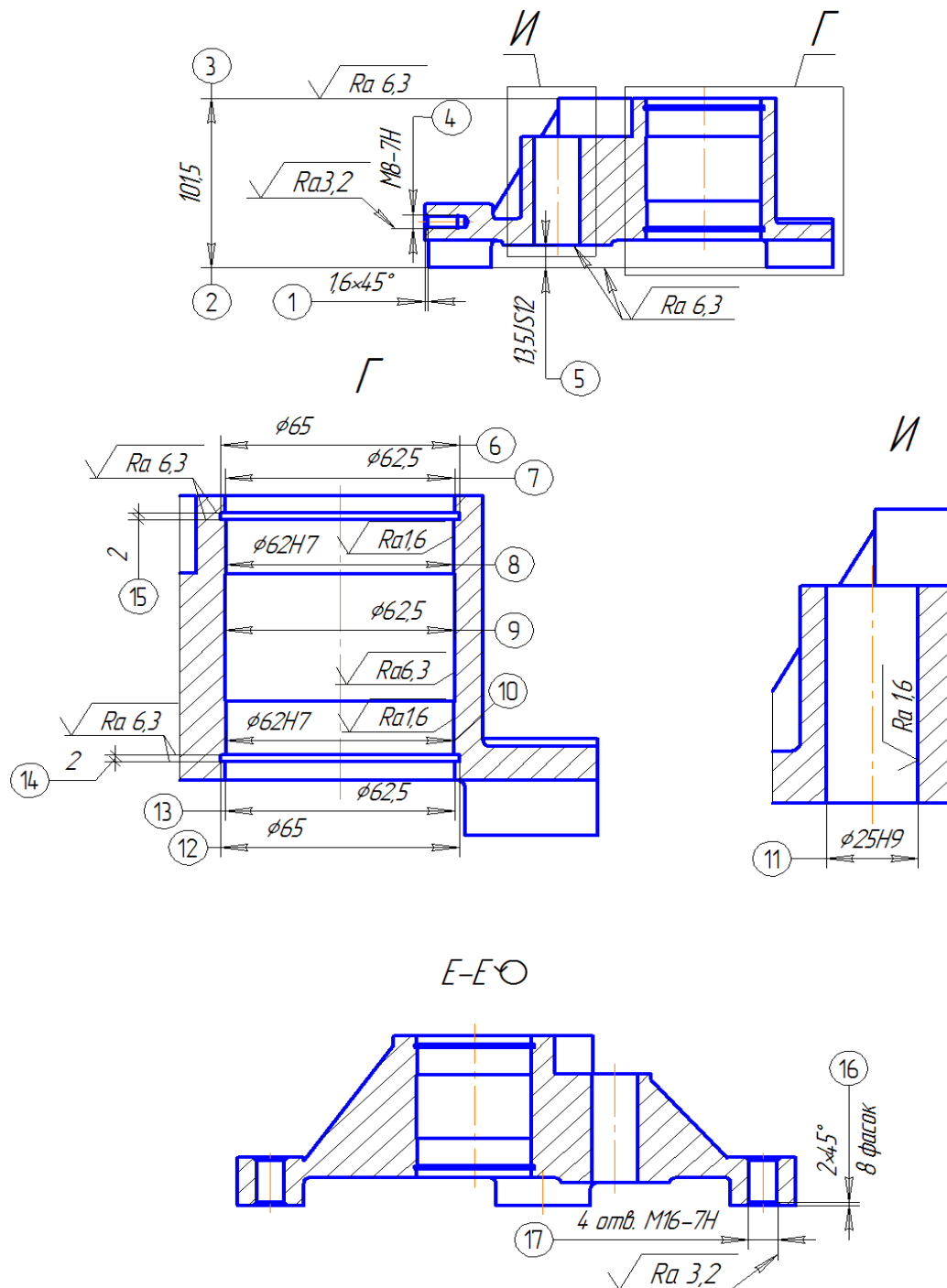


Рисунок 2 – Эскиз детали «Корпус подшипника тягового механизма»

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Обеспечить точность размеров:

- отверстия Ø62 по 7-му квалитету; резьбовых отверстий М8 и М16 по квалитету 7Н; размеры 76,5мм, 80мм по 8-му квалитету; отверстие Ø25 по 9-му квалитету; размеры 62мм, 74,5мм, по 11-му квалитету; размеры 184мм, 22мм и 13,5мм по 12-му квалитету; остальные поверхности и размеры по 14-му квалитету.

- Обеспечить допуск перпендикулярности отверстий Ø62Н7 в пределах 0,02мм относительно базы А.

- Обеспечить допуск плоскостности нижней плоскости в пределах 0,2мм.

- Обеспечить допуск перпендикулярности резьбовых отверстий М16-7Н в пределах 0,05мм относительно базы А.

- Обеспечить допуск перпендикулярности в пределах 0,02мм относительно базы А.

- Обеспечить покрытие эмалью «Металлик» кроме посадочных поверхностей и резьбовых отверстий.

- Обеспечить твердость детали в пределах 163...285 НВ.

Качественная оценка технологичности детали

Достоинства:

- за счет литейных работ на стадии заготовительного процесса (изготовление заготовки) уменьшается объем окончательной механической обработки детали, что позволяет увеличить выпуск деталей, уменьшить расход металла на единицу изделия;

- выбор наиболее простой формы изготовления детали и выбор материала обуславливает наиболее простое и экономичное его изготовление;

- в детали обрабатываются торцевые поверхности, внутренние поверхности, резьбовые. Имеются сквозные отверстия. Отверстия корпуса можно одновременно обрабатывать на станках либо многошпиндельной

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

головкой, либо на многоцелевых станках с поворотным столом;

- конструкция детали обеспечивает свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям при его неизменной установке.

Количественная оценка технологичности детали

Коэффициенты точности обработки и коэффициенты шероховатости определяются в соответствии с ГОСТ 18831-73. Для этого необходимо рассчитать среднюю точность и среднюю шероховатость обработанных поверхностей.

Данные по деталям сведём в таблицы 3 и 4:

где T_i – квалитеты;

$Ш_i$ – значение параметра шероховатости;

n_i – количество размеров или поверхностей для каждого квалитета или шероховатости.

В соответствии с [12 с. 100, с. 101] значения базовых коэффициентов следующие: коэффициент точности $K_{т\text{баз}} = 0,8$, коэффициент шероховатости $K_{ш\text{баз}} = 0,32$.

Определим коэффициент точности по [4, с. 29], а результаты занесём в таблицу 3.

Таблица 3 – Определение коэффициента точности

T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$	T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$
7	7	49	11	2	22
8	2	16	12	4	48
9	1	9	14	15	210

$$\Sigma n_i = 31; \quad \Sigma T_i \cdot n_i = 354$$

$$T_{cp} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{354}{31} = 11,42 \quad (1)$$

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,42} = 0,912 \quad (2)$$

$K_{тч}=0,912>0,8$ следовательно деталь по данному показателю технологична [12, с. 100].

Коэффициент шероховатости определим по [4, с. 30], а результаты занесём в таблицу 4.

Таблица 4 – Определение коэффициента шероховатости

$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$	$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$
1,6	3	4,8	6,3	19	119,7
3,2	5	16			

$$\Sigma n_i = 27;$$

$$\Sigma Ш_i \cdot n_i = 140,5$$

$$Ш_{cp} = \frac{\Sigma Ш_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{140,5}{27} = 5,204 \quad (3)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{5,204} = 0,192 \quad (4)$$

$K_{ш}=0,192<0,32$ следовательно, деталь по данному показателю технологична [12, с. 101].

Коэффициент использования материала [4, с. 29]:

$$K_M = \frac{m_{ДЕТ}}{m_{ЗАГ}} = \frac{6,92}{9,13} = 0,758 \quad (5)$$

Высокий коэффициент использования материала говорит о том, что предлагаемый вариант получения заготовки (литьё в металлические формы) оптимален.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Технологический процесс изготовления детали должен соответствовать типу производства и его организационно-техническим характеристикам, которые будут определены ниже.

Общие правила разработки технологических процессов определены ГОСТ 14.301-83 и ГОСТ 3.1129-93. В соответствии с ГОСТ 14.004-83 технологические процессы подразделяются на три вида: единичный, типовой и групповой.

2.1. Определение типа производства

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций (K_{30}) [4, с. 33]:

Тип производства K_{30}

Массовое.....1

Серийное:

Крупносерийное.....св. 1 до 10

Среднесерийное.....св. 10 до 20

Мелкосерийное.....св. 20 до 40

Единичное.....св. 40

Коэффициентом закрепления операций K_{30} определяемого по формуле [4, с. 33]:

$$K_{30} = \sum O / \sum P, \quad (6)$$

где $\sum O$ – суммарное число различных операций, закреплённых за каждым рабочим местом;

$\sum P$ – суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Годовая программа выпуска $N=1050$ шт.

Располагая данными о штучном времени, определим количество станков по [4, с. 33]:

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

$$m_p = N \cdot T_{шт} / (60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н} \cdot K_{ВН}), \quad (7)$$

где F_d – годовой фонд времени при 3-х сменной работе оборудования,
 $F_d = 5378$ ч.;

$\eta_{з.н}$ – нормативный коэффициент загрузки, $\eta_{з.н} = 0,85$;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения норм времени, $K_{ВН} = 1,02$.

Установим число рабочих мест P округляя в большую сторону m_p

Определим фактический коэффициент загрузки $\eta_{з.ф}$ по [4, с. 33]:

$$\eta_{з.ф} = m_p / P \quad (8)$$

Количество операций по формуле [4, с. 33]:

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф} \quad (9)$$

Рассчитаем $K_{зо}$ для разрабатываемого варианта тех. процесса:

$m_p = 1050 \cdot 49,8 / (60 \cdot 5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02) = 0,19$; приму $P = 1$;

$\eta_{з.ф} = 0,19 / 1 = 0,19$; $O = 0,75 / 0,19 = 3,94$, примем $O = 4$.

Тогда:

$K_{з.о} = 4 / 1 = 4$, что соответствует крупносерийному типу производств.

Количество деталей в партии:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (8)$$

где a – периодичность поступления заготовок, $a = 6$ дня [4, с. 33].

Тогда:

$$n = \frac{N \cdot a}{247} = \frac{1050 \cdot 6}{247} = 25шт$$

Таблица 5 - Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг.	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
< 1,0	<10	10-2000	1500-100 000	75 000-200 000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000- 50 000	50 000-100 000	100000
2,5-5,0	<10	10- 500	500- 35000	35 000- 75 000	75000
5,0-10	<10	10- 300	300- 25000	25 000- 50 000	50000
>10	<10	10- 200	200- 10000	10000- 25000	25000

При массе детали $m_{\text{дет}}=6,92$ кг и годовой программе выпуска $N=1050$ шт., примем тип производства по таблице 5 - среднесерийное.

Серийное производство характеризуется изготовлением изделий периодически повторяющимися партиями.

Приспособления – специальные, переналаживаемые.

Режущий инструмент – универсальный и специальный.

Измерительный инструмент – универсальный и специальный.

Настройка станков – станки настроенные.

Размещение технологического оборудования – по ходу технологического процесса.

Виды заготовок – прокат, отливки, штамповки.

Методы достижения точности - метод полной и не полной взаимозаменяемости.

Квалификация рабочих – различная.

Себестоимость продукции – средняя.

2.2. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Исходные данные:

- масса детали 6,92 кг;
- габариты детали: 222x220x101,5мм;
- материал – сталь 35Л ГОСТ 977-78;
- годовое число деталей 1050 шт.

Выбираем способ получения заготовки – литьё в металлические формы [18].

Металлические формы — кокили являются литейными формами многократного использования.

Достигаемый коэффициент точности отливок по массе ($K_{\text{тм}} = 0,85 - 0,95$) способствует резкому сокращению объемов обработки резанием и отходов металла в стружку [18].

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Точность отливок может соответствовать классам точности 2 – 5 по ГОСТ 26645-85, припуски на обработку резанием для отливок размером до 50 мм обычно не превышают 1 мм, а для отливок размером до 500 мм – около 3 мм [18].

Поэтому литье в металлические формы относится к прогрессивным материалам - и трудосберегающим технологическим процессам.

2.3. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

Базирование решает задачи взаимной ориентации деталей и узлов при сборке и обработке заготовок на станках. Технологические базы используют для определения положения изделия в процессе изготовления.

Выделяют основные и вспомогательные технологические базы, черновые и чистовые базы.

К основным технологическим базам относят нижнюю плоскость и 4 отверстия М16-7Н. К вспомогательным базам относят отверстия Ø62Н7 и Ø25Н9 (рис. 1 и 2).

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первых операциях, когда отсутствует обработанная поверхность.

В нашем случае черновой базой будет верхняя плоскость **А** (лишает деталь трех степеней свободы), поверхность **Б** (лишает деталь двух степеней свободы). Таким образом, базирование не полное. Схема чернового базирования показана на рисунке 3.

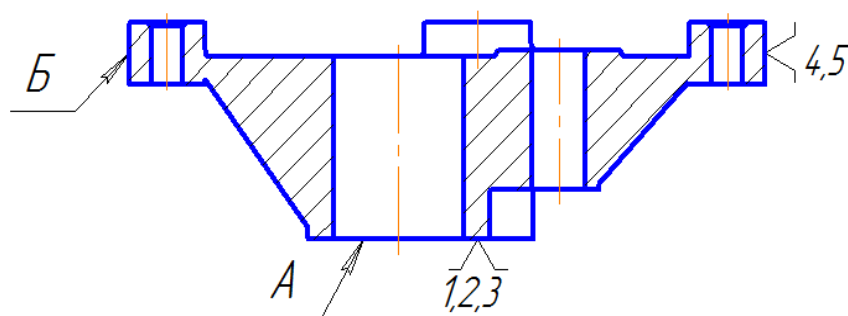


Рисунок 3 - Черновые базы в предлагаемом технологическом процессе

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. В нашем случае чистовыми базами будет нижняя плоскость В (лишает деталь трех степеней свободы) и поверхность Г (лишает деталь двух степеней свободы). Таким образом, базирование не полное.

Схема чистового базирования показана на рисунке 4.

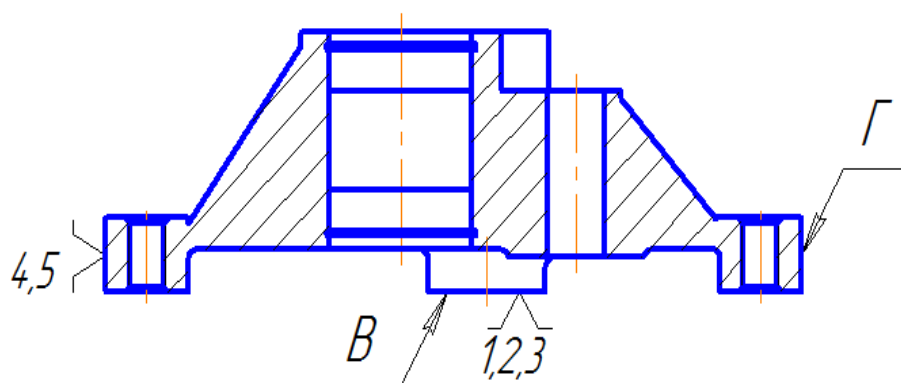


Рисунок 4 - Чистовые базы в предлагаемом технологическом процессе

2.4. Выбор технологического маршрута обработки детали «Корпус подшипника тягового механизма»

Технологический маршрут обработки детали представлен в таблице 6. Обрабатываемые поверхности обозначены на рисунке 5.

Таблица 6 – Технологический маршрут обработки детали «Корпус подшипника тягового механизма»

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
1	2	3
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А	Фрезеровать четыре поверхности	2
	Фрезеровать поверхность	5
	Сверлить 4 отверстия	17

Окончание таблицы 6

1	2	3
	Обработать фаску в 4-х отверстиях	16
005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ Б	Фрезеровать поверхность	3
	Фрезеровать поверхность	19
	Фрезеровать поверхность	18
	Сверлить и развернуть отверстие	11
	Расточить 4 отверстия	8, 10
	Фрезеровать 2 отверстия	9
	Фрезеровать 4 канавки	6, 12, 14, 15
	Обработать фаски	16
	Нарезать резьбу в 4-х отверстиях	17
	Фрезеровать поверхность	20
	Сверлить отверстие под нарезание резьбы	4
	Обработать фаску	1
	Нарезать резьбу в отверстии	4

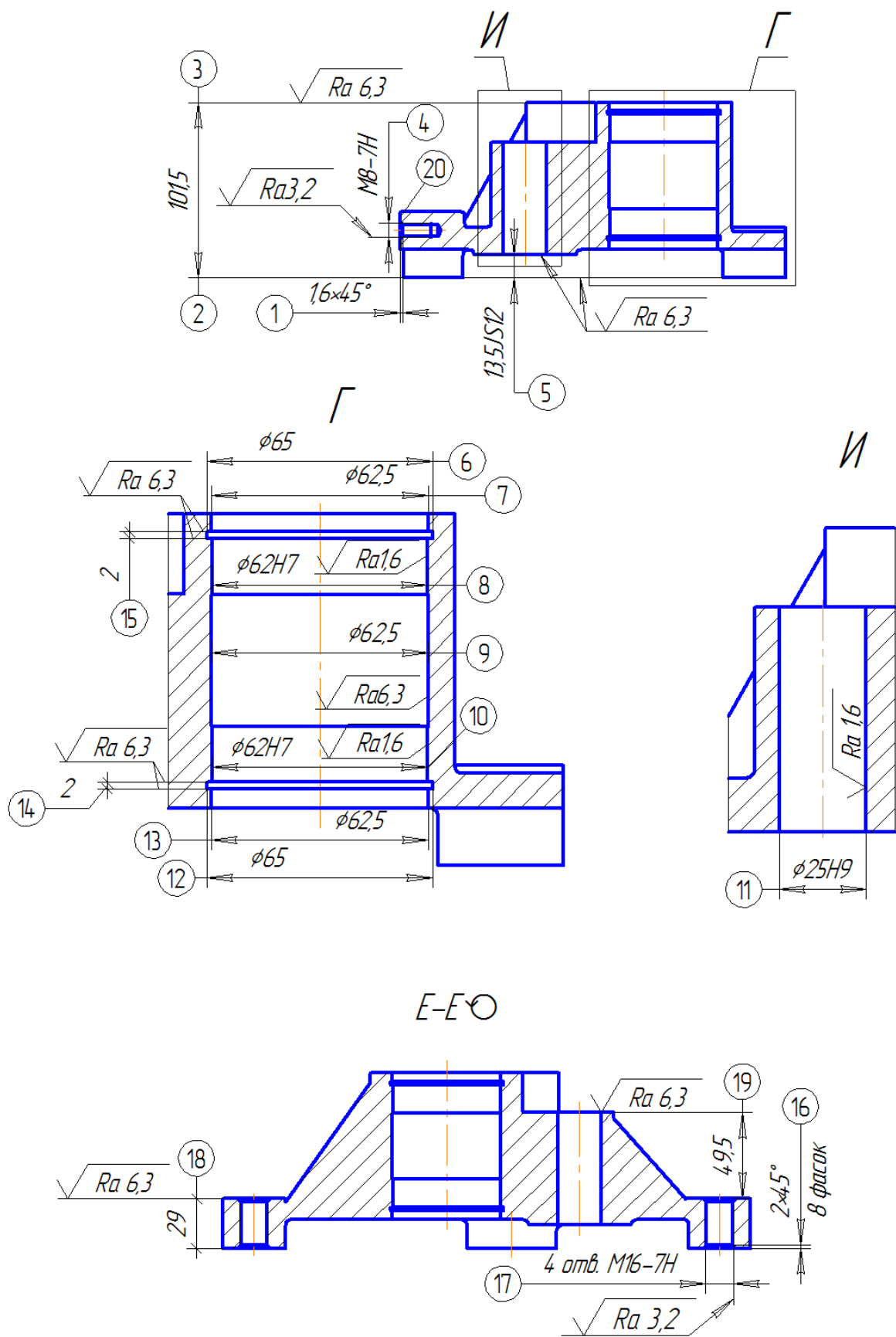


Рисунок 5 – Эскиз детали «Корпус подшипника тягового механизма»

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2.5. Выбор и описание оборудования

Выбор типа станка необходимо сопоставить с его возможностями обеспечить технические требования, формы и качество обрабатываемых поверхностей.

Выбор оборудования для операционной обработки детали предлагается выполнять по следующим условиям:

- габариты и размеры станка должны поддерживать размеры обрабатываемой детали;
- выбранное оборудование должно обеспечивать заданные требования по точности и качеству поверхностей детали;
- станок должен позволять вести обработку детали на оптимальных режимах обработки;
- оборудование должно поддерживать данный тип производства.

Основным принципом выбора оборудования является экономичность процесса обработки. Эффективней применять оборудование, которое поддерживает наименьшую трудоемкость и себестоимости обработки детали.

Для выбора оборудования необходимо пользоваться паспортами станков, каталогами или номенклатурными справочниками.

Для изготовления детали «Корпус подшипника тягового механизма» выбираем следующее оборудование: Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ модели NX 500/5AX (Компания DOOSAN, Южная Корея) [20].

На рисунке 6 представлен ОЦ с ЧПУ NX 500/5AX [20].

Обрабатывающий 5-ти осевой центр Doosan NX 500/5AX позволяет выполнять полную обработку деталей за одну установки (3 + 2 или полностью одновременная 5-осевая обработка).

Его универсальность означает, что он может использоваться для высокоточной обработки, обработки тяжелых металлов и чистовой обработки.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Станки могут поставляться с управлением ЧПУ Fanuc, Heidenhain или Siemens и имеют шпиндели с разными скоростями (12000/20000 об/мин).

Устройство смены инструмента может быть рассчитано на 30/40/60 позиций, а 5-осевые станки снабжаются поворотным наклонным столом (рисунок 7) – наклоном по оси А на 150 градусов и поворотом по оси С на 360 градусов [24].



Рисунок 6 - Вертикально-фрезерный ОЦ с ЧПУ NX 500/5AX



Рисунок 7 – Наклонно-поворотный стол ОЦ с ЧПУ NX 500/5AX

В таблице 7 представлены технические характеристики обрабатывающего центра с ЧПУ модели NX 500/5AX.

Таблица 7 – Технические характеристики станка NX 500/5AX [24]

Классификация	Ед. изм.	NX 500/5AX
Рабочая поверхность	мм	Φ500
Конус инструмента	конус	40
Движение по осям (X/Y/Z)	мм	900/600/450
Макс. скорость шпинделя	об/мин	20000
Макс. мощность двигателя шпинделя	кВт	22
Емкость для хранения инструмента	шт.	30
Система ЧПУ	–	FANUC
Наклон стола/угол поворота (A/C)	град.	150 / 360

2.6. Выбор металлорежущего инструмента и режимов резания

В дипломном проекте использую режущий инструмент фирмы «Pramet».

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса выбираем, в соответствии с рекомендациями, изложенными в каталогах металлорежущего инструмента фирмы «Pramet».

При выборе инструмента и «начальных» режимов резания, первым делом, необходимо определить принадлежность обрабатываемого материала к одной из шести групп. Эта классификация материалов ведется в соответствии со стандартом ISO 513: представители (материалы) каждой группы вызывают в процессе их обработки качественно одинаковый тип нагрузки на режущую кромку, и, соответственно, подобный тип износа.

Сталь 35Л относится к группе материалов Р-6 [13, с. 206].

Фрагмент каталога «Pramet» для выбора элементов режима резания показан на рисунке 8.

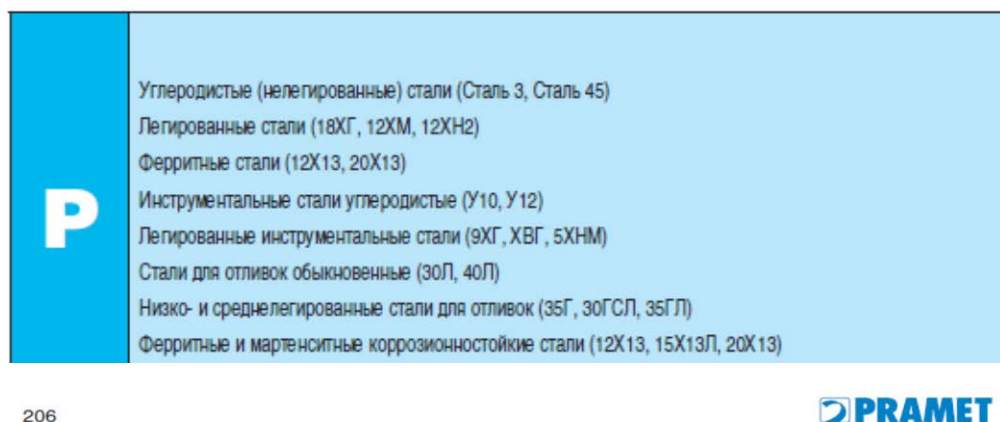


Рисунок 8 – Выбор группы материала для стали 35Л из каталога фирмы «Pramet»

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ

Установ А

Переход 1. Фрезеровать последовательно 4 поверхности 2.

Фреза торцевая 63A05R-S45OD06D-A [13, с. 38] (рис. 9),

где обозначено: 63 – диаметр резания, А – тип фрезы (торцевая), 05 – число пластин (зубьев), R – направление резания, S – способ крепления пластины (винтом через отв.), 45 – угол в плане, О – форма пластины (8-ми гранник), D – задний угол (15°), 06 – длина режущей кромки, D – задний угол зачистной фаски (15°) [13, с. 11].

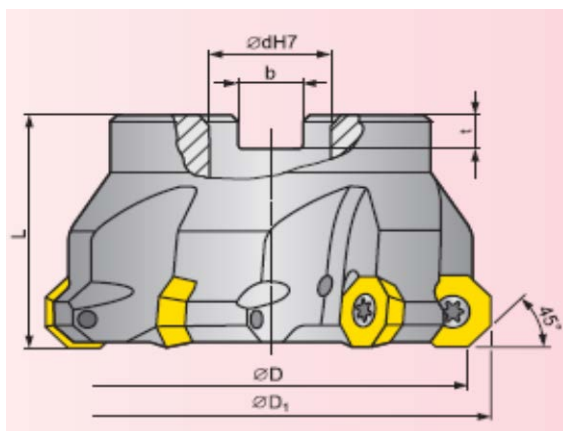


Рисунок 9 - Фреза торцевая

Размеры фрезы: $D=63\text{мм}$, $D_1=72,5\text{мм}$, $L=40\text{мм}$, $d=22\text{H7}$, $a_{\text{pmax}}=8,6\text{мм}$, $Z=5$ [13, с. 38].

Пластина ODMT 0605ZZN 8230 [13, с. 39],

где О – форма пластины (8-ми гранник), D - задний угол (равен 25°),

М – класс точности, Т – исполнение СМП (специальный), 06 – номинальная длина режущей кромки (6мм), 05 – толщина (5,56мм), Z – задний угол в плане (специальный), Z – задний угол зачистной фаски (специальный), N – направление резания, 8230 – материал пластины [12, с. 150-151].

8230 – универсальный сплав с широкой областью применения: субмикронный субстрат типа Н, нано структурное PVD покрытие с высоким содержанием Al, отличное сочетание износостойкости и эксплуатационной надежности, применяется для обработки материалов всех групп, средние скорости резания, хорошо работает и при нестабильных условиях [13, с. 263].

Рекомендуемые режимы резания ($a_{\text{pmax}}=8,6\text{ мм}$, $f=0,15...0,40\text{ мм/зуб}$, $V_c=290\text{м/мин}$) [13, с. 269]. Выбор типа фрезы и СМП показаны на рисунках 10 и 11.

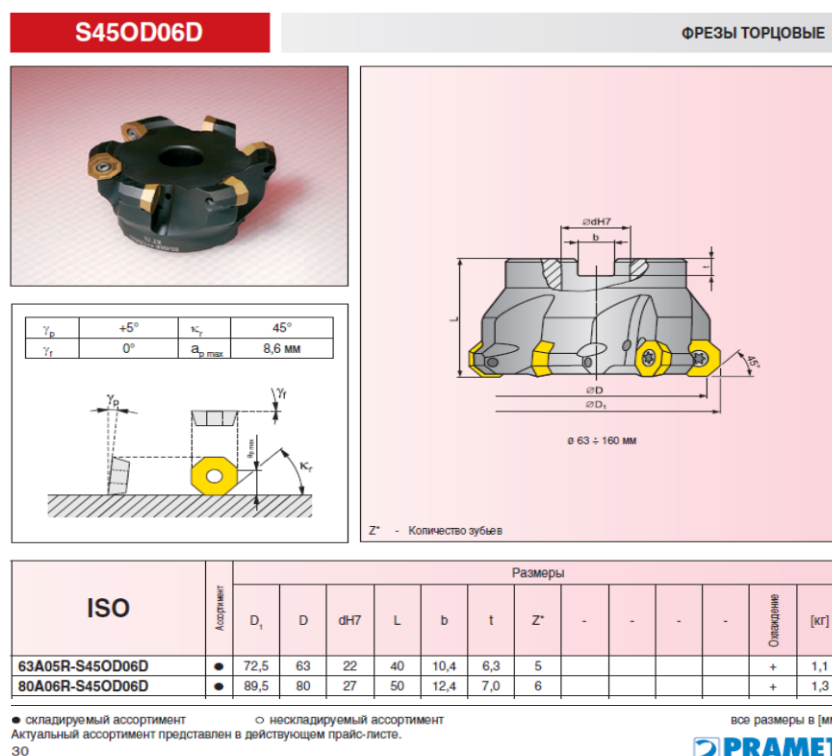
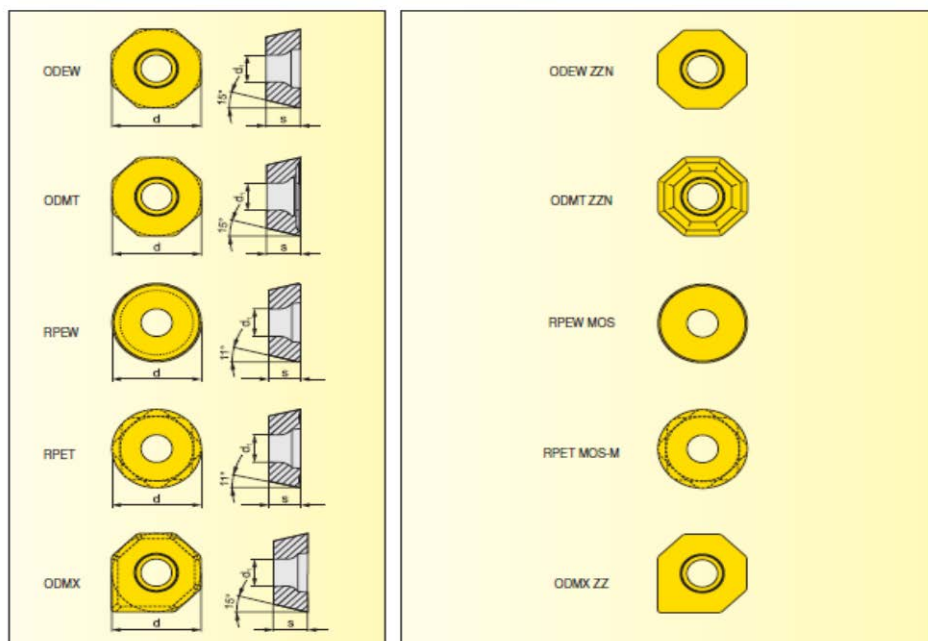


Рисунок 10 – Выбор типа фрезы



СМЕННЫЕ МНОГОГРАННЫЕ ПЛАСТИНЫ (СМП)

ISO	ANSI	Марки сплавов						Размеры				
		2215	2230	5026	7010	7025	7040	d	s	d ₁		
ODEW 0605ZZN	ODEW -3.5/ZZN							15,875	5,56	5,50		
ODMT 0605ZZN	ODMT -3.5/ZZN	●	●	●				15,875	5,56	5,50		
RPEW 1505MOS	RPEW -3.5/S				○	○		15,875	5,56	5,50		
RPET 1505MOS-M	RPET -3.5/S-M				○	○	●	15,875	5,56	5,50		

● складуемый ассортимент ○ нескладуемый ассортимент
Актуальный ассортимент представлен в действующем прайс-листе.

все размеры в [мм]



30

Рисунок 11 – Выбор типа СМП

Переход 2. Фрезеровать поверхность 5.

Фреза торцевая 63A05R-S45OD06D-A [13, с. 38] (рис. 9).

Пластина ODMT 0605ZZN 8230 [13, с. 39] (рис. 11).

Рекомендуемые режимы резания ($a_{pmax}=8,6$ мм, $f=0,15...0,40$ мм/зуб, $V_c=290$ м/мин) [13, с. 269].

Переход 3. Сверлить 4 отверстия 17 под резьбу (рис. 5).

Сверло 303DA-13.8-43-A14M [14, с. 15] (рис. 12),

где 3 – тип сверла (монокристаллическое), 03 – приблизительная глубина сверления (3D), D – вариант сверла (обычное), A – внутренний подвод СОЖ, 13.8 – диаметр сверла (13,8мм), 43 – глубина сверления (43мм), A – тип хвостовика (цилиндрический), 14 – диаметр хвостовика [14, с. 5].

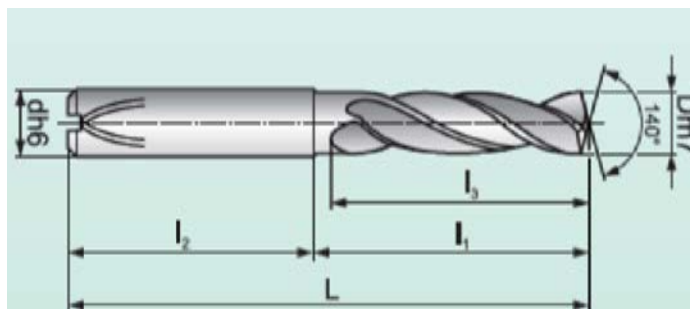


Рисунок 12 – Сверло спиральное серии 303DA-M

Размеры сверла: $D=13,8m7$, $d=14h6$, $l_1=62mm$, $l_2=44mm$, $l_3=60mm$ [14, с. 15].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 48]: $f=0,26$ мм/об, $V_c=75$ м/мин.

Переход 4. Обработать фаску в 4-х отверстиях 16.

Сверло для обработки фасок 301CS-16.0-150-P90A16 [14, с. 26] (рис. 13).

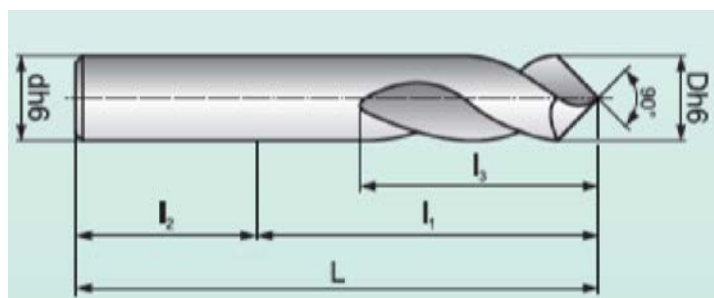


Рисунок 13 – Сверло для обработки фасок

Размеры сверла: $D=16m7$, $d=16h6$, $L=150mm$, $l_1=102mm$, $l_2=48mm$, $l_3=26mm$ [14, с. 26].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 48]: $f=0,25$ мм/об, $V_c=60$ м/мин.

Установ Б

Переход 1. Фрезеровать поверхность 3.

Фреза торцевая 80A06R-S45OD06D-A [13, с. 38] (рис. 10)

Пластина ODMT 0605ZZN 8230 [13, с. 39] (рис. 11).

Рекомендуемые режимы резания ($a_{pmax}=8,6$ мм, $f=0,15...0,40$ мм/зуб, $V_c=290$ м/мин) [13, с. 269].

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Переход 2. Фрезеровать поверхность 19.

Фреза торцевая 63A05R-S45OD06D-A [13, с. 38] (рис. 9).

Пластина ODMT 0605ZZN 8230 [13, с. 39] (рис. 11).

Рекомендуемые режимы резания ($a_{pmax}=8,6$ мм, $f=0,15...0,40$ мм/зуб, $V_c=290$ м/мин) [13, с. 269].

Переход 3. Фрезеровать последовательно 4 поверхности 18.

Фреза концевая 36A4R042B32-SSO09-C [13, с. 76] (рис. 14)

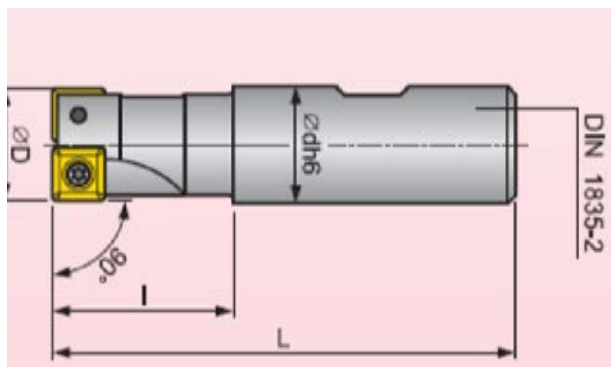


Рисунок 14 – Фреза концевая

Размеры фрезы (рис. 14): $D=36$ мм, $L=102$ мм, $l=42$ мм, $a_p=8$ мм, $Z=4$, $d=32h6$ [13, с. 76].

Пластина SOMT 09T304-P 8230 [12, с. 77].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,1...0,25$ мм/зуб, $V_c=285$ м/мин [12, с. 269].

Переход 4. Сверлить отверстие 1 предварительно (рис. 5).

Сверло 803D-24.5 [14, с. 30] (рис. 15).

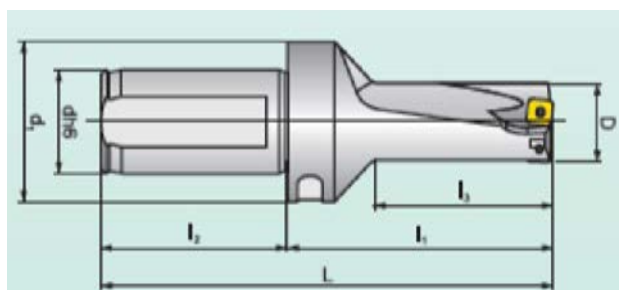


Рисунок 15 - Сверло 803D

Размеры сверла (рис. 15): $D=24,5$ мм, $L=168,5$ мм, $l_1=108,5$ мм, $l_2=60$ мм, $l_3=78,7$ мм, $d_1=50$ мм, $d=32h6$ [14, с. 30].

Центральная СМП ХРЕТ 0703АР 8040, периферийная СМП SCET 0703АР 8030 [14, с. 30, с. 51, с. 52].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 51]: $f=0,18$ мм/об, $V_c=180\dots230$ м/мин.

Переход 5. Развернуть отверстие 1 (рис. 5).

Развертка машинная В16125.0, материал HSS-E (рис. 16)



Рисунок 16 - Развертка машинная

Размеры развертки (рис. 16): $D=25$ мм, $l_1=268$ мм, $l_2=68$ мм, $l_3=169$ мм, $Z=8$ [15, с. 160].

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [15, с. 161]: $f=0,22$ мм/об, $V_c=50$ м/мин.

Переход 6. Расточить последовательно 2 отверстия 8, 10.

Растачивание выполняем за два перехода: черновое в размер $\varnothing 61,7H9$ и чистовое в размер $\varnothing 62H7$.

Черновое растачивание в размер $\varnothing 61,7H9$.

Головка расточная D 04290 402 [14, с. 76] (рис. 17).

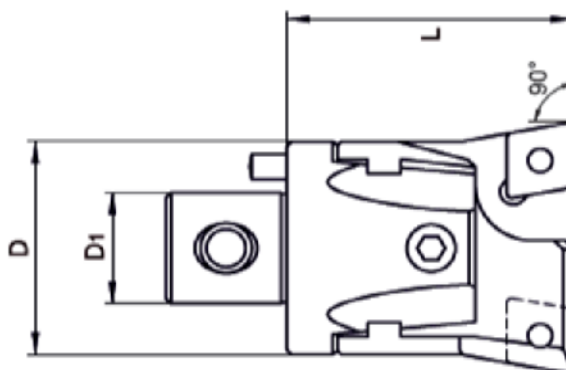


Рисунок 17 – Головка расточная

Размеры головки (рис. 17): $D=53...65\text{мм}$, $L=56\text{мм}$, $D_1=24\text{мм}$ [13, с. 76]

Пластина CCGT 120404ER-SI T8330 [14, с. 92].

Рекомендуемые режимы резания: $a_p=6,3\text{мм}$, $f=0,25...0,35\text{мм/об}$,
 $V_c=105...150\text{м/мин}$ [14, с. 131].

Чистовое растачивание в размер $\varnothing 62\text{H7}$.

Головка расточная А 04290 300 [14, с. 82] (рис. 18).

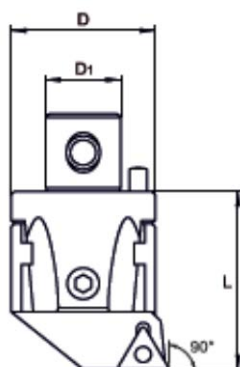


Рисунок 18 – Головка расточная

Размеры головки (рис. 18): $D=49...65\text{мм}$, $L=56\text{мм}$, $D_1=24\text{мм}$ [14, с. 82].

Пластина TCMT 16T304E-FM T8330 [14, с. 103].

Рекомендуемые режимы резания: $a_p=0,06...0,35\text{мм}$, $f=0,10...0,20\text{мм/об}$,
 $V_c=115...150\text{м/мин}$ [14, с. 131].

Переход 7. Фрезеровать последовательно 2 отверстия 9.

Фреза дисковая R335.15-25034.3-03-2 (рис. 19) [16, с. 243].

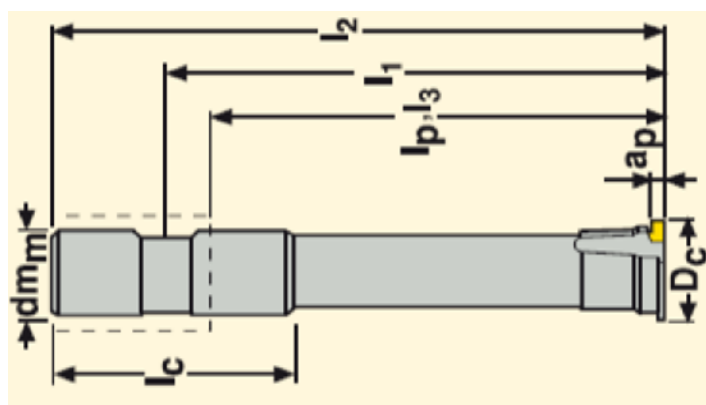


Рисунок 19 – Фреза дисковая

Размеры фрезы: $D=34\text{мм}$, $d_c=25\text{мм}$, $l_2=130\text{мм}$, $l_p=74\text{мм}$, $l_c=56\text{мм}$,
 $a=2,15\text{мм}$ [16, с. 243].

Пластина R335.15-13215FG-E08 F40M [16, с. 483].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{pmax}=2,15\text{мм}$, $f=0,20\ldots0,45\text{мм/зуб}$, $V=245\text{м/мин}$ [16, с. 273].

Переход 8. Фрезеровать последовательно 4 канавки 6, 12, 14, 15.

Фреза дисковая R335.15-25034.3-03-2 (рис. 19) [16, с. 243].

Пластина R335.15-13215FG-E08 F40M [16, с. 483].

Рекомендуемые режимы резания: $a_{pmax}=2,15\text{мм}$, $f=0,20\ldots0,45\text{мм/зуб}$, $V=245\text{м/мин}$ [16, с. 273].

Переход 9. Обработать фаску в 4-х отверстиях 16.

Сверло для обработки фасок 301CS-16.0-150-P90A16 [13, с. 26] (рис. 13).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [13, с. 48]: $f=0,25\text{ мм/об}$, $Vc=60\text{м/мин}$.

Переход 10. Нарезать резьбу в 4-х отверстиях 17.

Метчик E782M16 HSS [15, с. 7] (рис. 20).



Рисунок 20 – Метчик машинный

Размеры метчика: $l_1=110\text{мм}$, $l_2=32\text{мм}$, $d_1=4,5\text{мм}$, $d_2=12\text{мм}$, $\alpha=7\text{мм}$ [15, с. 7].

Переход 11. Фрезеровать поверхность 20.

Фреза концевая 36A4R042B32-SSO09-C [13, с. 76] (рис. 14)

Пластина SOMT 09T304-P 8230 [13, с. 77].

Рекомендуемые режимы резания: $f=0,1\ldots0,25\text{мм/зуб}$, $Vc=285\text{м/мин}$ [13, с. 269].

Переход 12. Сверлить отверстие 4 под нарезание резьбы.

Сверло 303DA-6.8-43-A08M [14, с. 18] (рис. 12).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 48]: $f=0,15$ мм/об,
 $V_c=70$ м/мин.

Переход 13. Обработать фаску в отверстии 1.

Сверло для обработки фасок 301CS-10.0-70-P90A10 [14, с. 37] (рис. 13).

Рекомендуемые режимы резания по каталогу [14, с. 48]: $f=0,2$ мм/об,
 $V_c=60$ м/мин.

Переход 14. Нарезать резьбу в отверстии 1.

Метчик E782M8 HSS [15, с. 7].

Элементы режимов резания сведем в таблицу 8.

Таблица 8 - Элементы режима резания по переходам

Наименование операции, перехода, позиции	t, мм	So, мм/об	Sm, мм/мин	n, об/мин	V, м/мин
Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ					
Установ А					
Переход 1	3,0	1,0	1466	1466	290
Переход 2	3,0	1,0	1466	1466	290
Переход 3	6,9	0,26	450	1731	75
Переход 4	2,0	0,25	302	1209	60
Установ Б					
Переход 1	3,0	1,2	1385	1154	290
Переход 2	3,0	1,0	1466	1466	290
Переход 3	3,0	0,8	2269	2836	285
Переход 4	12,25	0,18	421	2340	180
Переход 5	0,25	0,22	140	637	50
Переход 6	2,6	0,30	183	611	120
	0,15	0,15	108	719	140
Переход 7	2,0	0,9	2194	2438	245
Переход 8	2,0	0,9	2149	2438	245
Переход 9	2,0	0,25	302	1209	60
Переход 10	1,1	2,0	1792	896	45
Переход 11	3,5	0,8	269	2836	285
Переход 12	3,4	0,15	492	3278	70
Переход 13	1,6	0,2	135	676	60
Переход 14	0,6	1,25	1990	1592	40

2.7. Расчет припусков

Расчет будем вести аналитическим и табличным методом.

Расчет припусков аналитическим методом

Заготовка – отливка по металлическим моделям.

Материал – сталь 35Л ГОСТ 977-88.

Масса заготовки $m_3=9,13\text{кг}$.

Точность отливки 7-0-0-8 ГОСТ 26645-85.

Определим припуск на размер отверстия $\varnothing 62\text{H}7(^{+0,03})$.

Технологический маршрут обработки отверстия $\varnothing 62\text{H}7(^{+0,03})$:

- растачивание черновое;
- растачивание чистовое;
- растачивание тонкое.

Определим элементы припуска [7, с. 186 табл. 12; с. 188 табл. 25] и занесем их в таблицу 9.

Определим пространственные отклонения заготовки [8, с 67 табл. 4.7]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (9)$$

где $\rho_{\text{см}}$ - смещение поверхностей, примем 2мм;

$\rho_{\text{кор}}$ - коробление поверхностей, определим по формуле:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot \ell = 0,5 \cdot 16 = 0,008 \text{ мм}.$$

Тогда:

$$\rho_3 = \sqrt{2^2 + 0,008^2} \approx 2 \text{ мм} = 2000 \text{ мкм} \quad (10)$$

Остаточные пространственные отклонения [2, с. 37]:

- после чернового растачивания:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 2000 = 100 \text{ мкм} \quad (11)$$

- после чистового растачивания:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 2000 = 40 \text{ мкм} \quad (12)$$

Погрешность установки определим по [8, с. 75 табл. 4.10] и занесем в таблицу 9.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчетный минимальный припуск определим по формуле и занесем в таблицу 9:

$$2 \cdot Z_{0\min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (13)$$

Графу D_p заполняем, начиная с последнего (чертежного) размера путем последовательного прибавления расчетного минимального припуска каждого перехода.

Графу D_{\min} получаем по расчетным размерам, округленным до точности допуска перехода.

Графу D_{\max} определим путем сложения допусков к минимальным размерам D_{\min} .

Результаты занесем в таблицу 9.

Определим минимальные значения припусков по формуле:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np} \quad (14)$$

Максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max}^{np} - D_{\max i-1}^{np} \quad (15)$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 9.

Общий номинальный припуск:

$$2 \cdot Z_{оном} = 2 \cdot Z_{о\min} + \frac{\delta_3}{2} - \delta_3 = 5,23 + \frac{1,0}{2} - 0,03 = 5,70 \text{ мм.}$$

Произведем проверку правильности вычислений по формуле:

$$Z_{\max i}^{np} - Z_{\min i}^{np} = \delta_{i-1} - \delta_i$$

$$5,5 - 4,8 = 1,0 - 0,30 = 0,70 \text{ мм}$$

$$0,538 - 0,312 = 0,30 - 0,074 = 0,226 \text{ мм}$$

$$0,162 - 0,118 = 0,074 - 0,030 = 0,044 \text{ мм}$$

На рисунке 21 изобразим графическую схему припусков и допусков.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Таблица 9 - Расчет припусков и допусков на отверстие $\varnothing 62H7(^{+0,03})$

Технологические переходы обработки отверстия $\varnothing 62H7(^{+0,03})$	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер D_p , мм	Допуск δ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припуска, мм	
	R_z	h	ρ	ε				D_{\min}^{np}	D_{\max}^{np}	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
Заготовка	200	300	2000			56,31	1,0	55,80	56,80		
Черновое расточивание	63	50	100	130	2·2500	61,310	0,30	61,30	61,60	4,80	5,50
Чистовое расточивание	32-20	20	40	130	2·264	61,838	0,074	61,838	61,912	0,312	0,538
Тонкое растачивание	6,3- 3,2	8		40	2·96	62,0	0,030	62,0	62,030	0,118	0,162

$$2 \cdot Z_{0\min} = 5,23 \text{ мм}$$

$$2 \cdot Z_{0\max} = 6,20 \text{ мм}$$

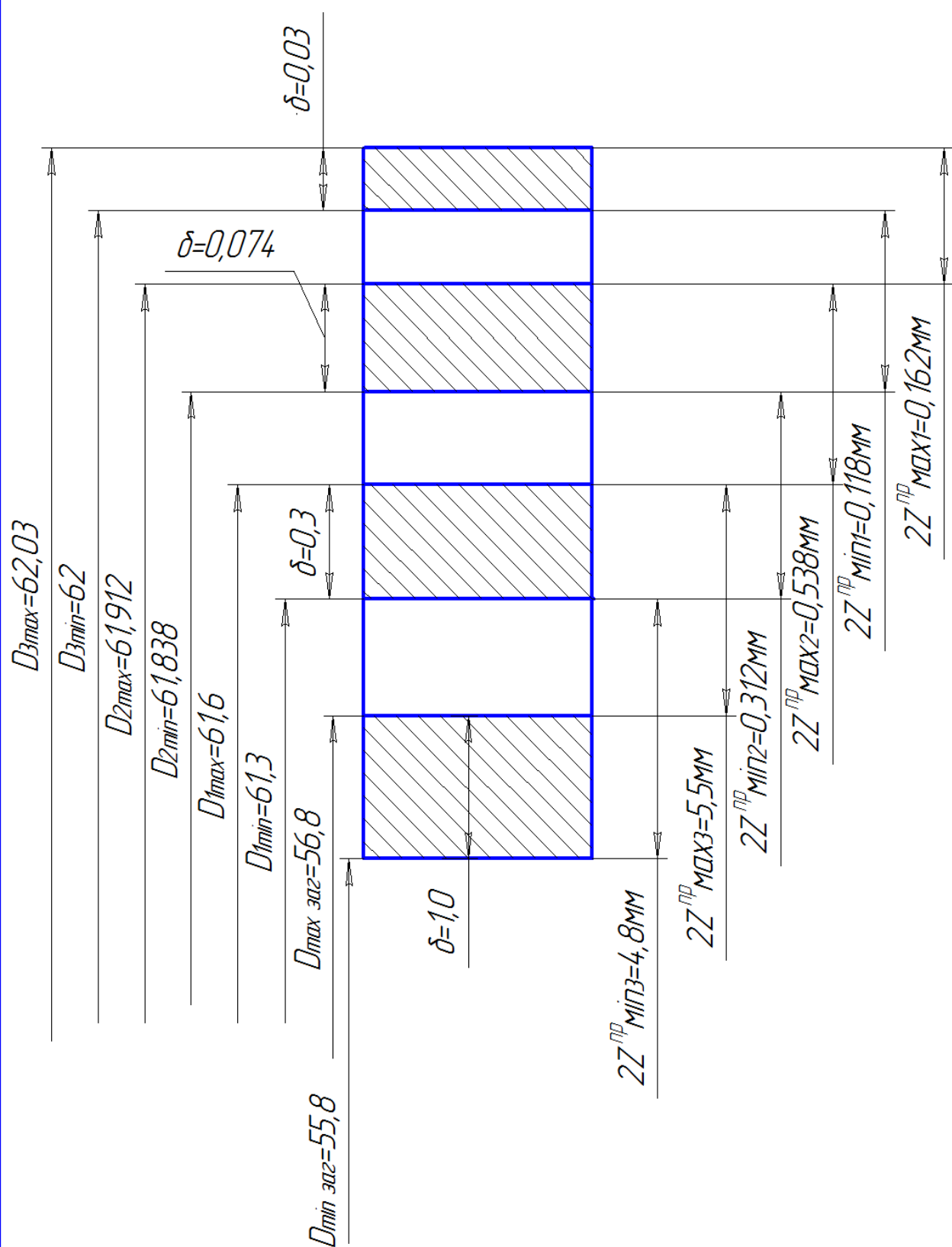


Рисунок 21 – Схема графического расположения припусков и допусков на обработку отверстия $\varnothing 62H7^{(+0,030)}$

Табличный метод расчета припусков

На рисунке 22 покажем эскиз детали, проставим размеры и назначим на них припуски и допуски по [1, с. 184-189 табл. 27-28], а результаты занесем в таблицу 10.

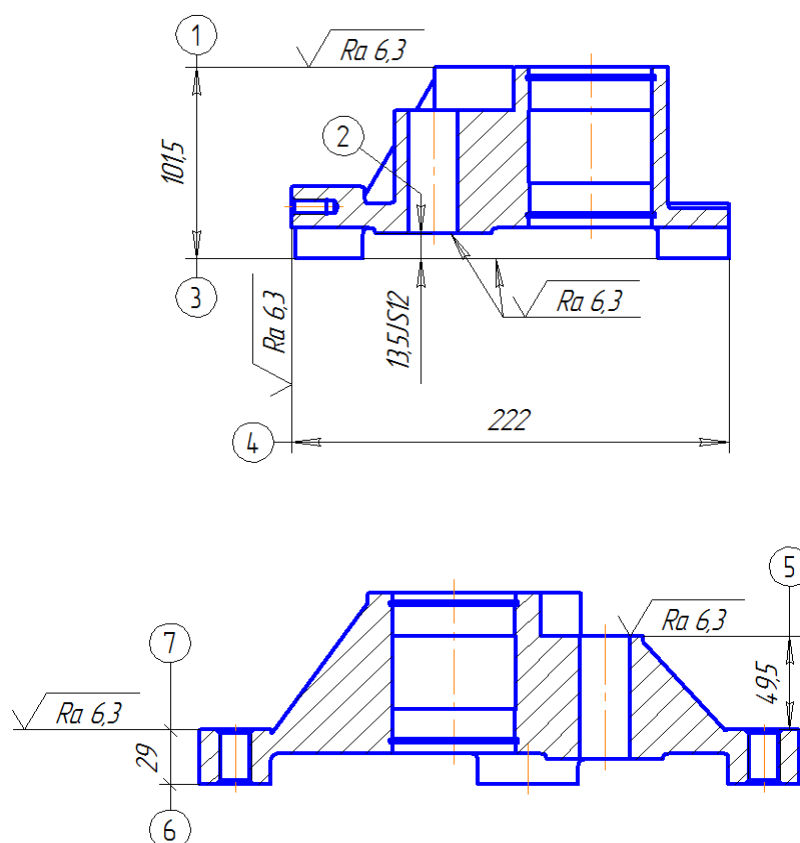


Рисунок 22 – Эскиз детали «Корпус подшипников тягового механизма»

Таблица 10 - Припуски и допуски на механическую обработку

Технологические переходы	Поверхность	Припуск, мм	Размер, мм	Отклонения, мм	
1	2	3	4	5	6
Заготовка - отливка	1	3,0	107,5	+0,60	-0,60
	2	3,0	13,5	+0,35	-0,35
	3	3,0	107,5	+0,60	-0,60
	4	3,5	225,5	+0,70	-0,70
	5	3,0	49,5	+0,50	-0,50
	6	3,0	35	+0,45	-0,45
	7	3,0	35	+0,45	-0,45
Фрезерование однократное	1	3,0	101,5	+0	-0,87
	2	3,0	13,5	+0,09	-0,09

Окончание таблицы 10

1	2	3	4	5	6
Фрезерование однократное	3	3,0	101,5	+0	-0,87
	4	3,5	222	+0	-1,15
	5	3,0	49,5	+0,31	-0,31
	6	3,0	29	+0,26	-0,26
	7	3,0	29	+0,26	-0,26

2.8. Расчет технических норм времени

В серийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле [5, с. 99]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{п-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от}, \quad (16)$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно-заключительное время, мин.;

$T_{шт}$ – штучное время на операцию, мин.;

n – количество деталей в партии, $n=25$ шт.;

t_0 – основное время, мин.;

t_B – вспомогательное время, мин.;

$t_{об}$ – время на обслуживание рабочего места, мин.;

$t_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, мин.

Вспомогательное время определяется по формуле [5, с. 99]:

$$t_B = t_{yc} + t_{з.о} + t_{уп} + t_{из}, \quad (17)$$

где t_{yc} – время на установку и снятие детали, мин.;

$t_{з.о}$ – время на закрепление и открепление детали, мин.;

$t_{уп}$ – время на приемы управления, мин.;

$t_{из}$ – время на измерение детали, мин.

Время обслуживания рабочего времени определяется по формуле [5, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (18)$$

где $t_{\text{тех}}$ - время на техническое обслуживание, мин.;

$t_{\text{орг}}$ - время на организационное обслуживание, мин.;

Основное время [5, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} \cdot i, \quad (19)$$

где l - расчетная длина, мм.;

i - число рабочих ходов.

Расчетная длина [5, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}, \quad (20)$$

где l_0 - длина обработки поверхности, мм.;

$l_{\text{вр}}$ - величина врезания инструмента, мм.;

$l_{\text{пер}}$ - величина перебега, мм.

Операция 005 Комплексная на ОЦ с ЧПУ (Установ А)

Переход 1. Фрезеровать последовательно 4 поверхности 2.

Длина обрабатываемой поверхности: $l_0 = 440$ мм.

Величина врезания и перебега [5, с. 95]:

$$l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 144 \text{ мм}$$

Тогда:

$$l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 440 + 144 = 584 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{01} = \frac{584}{1466} \cdot 1 = 0,40 \text{ мин}$$

Переход 2. Фрезеровать поверхность 1.

$$l_0 = 51 \text{ мм}, l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 72 \text{ мм}, l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} = 51 + 72 = 123 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{02} = \frac{123}{1466} \cdot 1 = 0,08 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Переход 3. Сверлить 4 отверстия 17 под резьбу.

$$\ell_o = 32\text{мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 4\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 32 + 4 = 36\text{мм}$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{o3} = \frac{36}{450} \cdot 4 = 0,32\text{мин}$$

Переход 4. Обработать фаску в 4-х отверстиях 16.

$$\ell_o = 2\text{мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 5\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 2 + 5 = 7\text{мм}$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{o4} = \frac{7}{302} \cdot 4 = 0,09\text{мин}$$

Общее машинное время на установе А:

$$t_{oA} = 0,40 + 0,08 + 0,32 + 0,09 = 0,89 \text{ мин}$$

Установ Б

Переход 1. Фрезеровать поверхность 3.

$$\ell_o = 160\text{мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 86\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 160 + 86 = 246\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o1} = \frac{246}{1385} = 0,18\text{мин}$$

Переход 2. Фрезеровать поверхность 19.

$$\ell_o = 53\text{мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 3\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 53 + 3 = 56\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o2} = \frac{56}{1466} = 0,04\text{мин}$$

Переход 3. Фрезеровать последовательно 4 поверхности 18.

$$\ell_o = 54\text{мм}, \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 42\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{\text{вр}} + \ell_{\text{пер}} = 54 + 42 = 96\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{o3} = \frac{96}{2269} \cdot 4 = 0,17\text{мин}$$

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Переход 4. Сверлить отверстие 1 предварительно.

$$\ell_o = 65\text{мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 6\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 65 + 7 = 71\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o4} = \frac{71}{421} \cdot 1 = 0,17\text{мин}$$

Переход 5. Развернуть отверстие 1.

$$\ell_o = 65\text{мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 5\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 65 + 5 = 70\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{o5} = \frac{70}{140} = 0,5\text{мин}$$

Переход 6. Расточить последовательно 2 отверстия 8, 10.

$$\ell_o = 85\text{мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 5\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 85 + 5 = 90\text{мм}$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{o6} = \frac{90}{183} \cdot 2 + \frac{90}{108} \cdot 2 = 2,65\text{мин}$$

Переход 7. Фрезеровать последовательно 2 отверстия 9.

$$\ell_o = 38,2\text{мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 4,8\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 38,2 + 4,8 = 43\text{мм}$$

Число проходов равно $i=2$.

$$t_{o7} = \frac{43}{2194} \cdot 2 = 0,04\text{мин}$$

Переход 8. Фрезеровать последовательно 4 канавки 6, 12, 14, 15.

$$\ell_o = 204,1\text{мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 3,8\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 204,1 + 3,8 = 207,8\text{мм}.$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{o8} = \frac{207,8}{2149} \cdot 4 = 0,39\text{мин}$$

Переход 9. Обработать фаску в 4-х отверстиях 16.

$$\ell_o = 2\text{мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 5\text{мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 2 + 5 = 7\text{мм}$$

Число проходов равно $i=4$.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$t_{09} = \frac{7}{302} \cdot 4 = 0,09 \text{ мин}$$

Переход 10. Нарезать резьбу в 4-х отверстиях 17.

$$\ell_o = 29 \text{ мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 38 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 29 + 38 = 67 \text{ мм}.$$

Число проходов равно $i=4$.

$$t_{010} = \frac{67}{1792} \cdot 4 = 0,15 \text{ мин}$$

Переход 11. Фрезеровать поверхность 20.

$$\ell_o = 22 \text{ мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 42 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 22 + 42 = 64 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{011} = \frac{64}{269} \cdot 1 = 0,24 \text{ мин}$$

Переход 12. Сверлить отверстие 4 под нарезание резьбы.

$$\ell_o = 22 \text{ мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 5 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 22 + 5 = 27 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{012} = \frac{27}{492} \cdot 1 = 0,05 \text{ мин}$$

Переход 13. Обработать фаску в отверстии 1.

$$\ell_o = 1,6 \text{ мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 4 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 1,6 + 4 = 5,6 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{013} = \frac{5,6}{135} \cdot 1 = 0,04 \text{ мин}$$

Переход 14. Нарезать резьбу в отверстии 1.

$$\ell_o = 18 \text{ мм}, \ell_{вр} + \ell_{пер} = 24 \text{ мм}, \ell = \ell_o + \ell_{вр} + \ell_{пер} = 18 + 24 = 42 \text{ мм}$$

Число проходов равно $i=1$.

$$t_{014} = \frac{42}{302} \cdot 1 = 0,14 \text{ мин}$$

Общее машинное время на установе Б:

$$t_{об} = 0,18 + 0,04 + 0,17 + 0,17 + 0,50 + 2,65 + 0,04 + 0,39 + 0,09 + 0,15 + 0,24 + 0,05 + 0,04 + 0,14 = 5,66 \text{ мин}$$

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Общее машинное время на операции:

$$T_o = 0,89 + 5,66 = 6,55 \text{ мин}$$

Определим элементы вспомогательного времени [5, с. 98]:

$$t_{yc}=5,54 \text{ мин}; t_{yn}=11,54 \text{ мин}; t_{изм}=18,21 \text{ мин}.$$

$$t_b = 5,54 + 11,54 + 18,21 = 35,29 \text{ мин}.$$

Оперативное время [5, с. 101]:

$$t_{оп} = T_o + t_b = 6,55 + 35,29 = 41,84 \text{ мин}$$

Время технического обслуживания [5, с. 102]:

$$t_{tex} = \frac{6 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{6 \cdot 41,84}{100} = 2,51 \text{ мин}$$

Время организационного обслуживания [5, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{8 \cdot 41,84}{100} = 3,35 \text{ мин}$$

Время на отдых [5, с. 102]:

$$t_{от} = \frac{2,5 \cdot t_{оп}}{100} = \frac{2,5 \cdot 41,84}{100} = 1,05 \text{ мин}$$

Штучное время:

$$T_{шт} = 41,84 + 2,51 + 3,35 + 1,05 = 48,75 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время [5, с. 216-217]:

$$T_{пз} = 24 \text{ мин}$$

Тогда:

$$T_{шт-к} = \frac{25}{24} + 48,75 = 49,8 \text{ мин}$$

3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Виды и характер работ по проектированию технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ существенно отличаются от работ, проводимых при использовании обычного универсального и специального оборудования. Прежде всего, значительно возрастает сложность технологических задач и трудоёмкость проектирования технологического процесса. Для обработки на станках с ЧПУ необходим детально разработанный технологический процесс, построенный по переходам. При обработке на универсальных станках излишняя детализация не нужна.

Рабочий, обслуживающий станок, имеет высокую квалификацию и самостоятельно принимает решение о необходимом числе переходов и проходов, их последовательности. Сам выбирает требуемый инструмент, назначает режимы обработки, корректирует ход обработки в зависимости от реальных условий производства [17].

При использовании ЧПУ появляется принципиально новый элемент технологического процесса – управляющая программа, для разработки и отладки которой требуются дополнительные затраты средств и времени.

Существенной особенностью технологического проектирования для станков с ЧПУ является необходимость точной увязки траектории автоматического движения режущего инструмента с системой координат станка, исходной точкой и положением заготовки. Это налагает дополнительные требования к приспособлениям для зажима и ориентации заготовки, к режущему инструменту.

Расширенные технологические возможности станков с ЧПУ обуславливают некоторую специфику решения таких традиционных задач технологической подготовки, как проектирование операционного технологического процесса, базирование детали, выбор инструмента и т.д.

На стадии разработки технологического процесса необходимо определить обрабатываемые контуры и траекторию движения инструмента в

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

процессе обработки, установить последовательность обработки контуров. Без этого не возможно рассчитать координаты опорных точек, осуществить точную размерную увязку траектории инструмента с системой координат станка, исходной точкой положения инструмента и положением заготовки.

При построении маршрута обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо руководствоваться общими принципами, положенными в основу выбора последовательности операций механической обработки на станках с ручным управлением. Кроме того, должны учитываться специфические особенности станков с ЧПУ.

Поэтому маршрут обработки рекомендуется строить следующим образом:

- процесс механической обработки делить на стадии (черновую, чистовую и отделочную), что обеспечивает получение заданной точности обработки за счет снижения ее погрешности вследствие упругих перемещений системы СПИД, температурных деформаций и остаточных напряжений. При этом, следует иметь в виду, что станки с ЧПУ более жесткие по сравнению с универсальными станками, с лучшим отводом теплоты из зоны резания, поэтому допускается объединение стадий обработки. Например, на токарных станках с ЧПУ часто совмещаются черновая и чистовая операции, благодаря чему значительно снижается трудоемкость изготовления детали, повышается коэффициент загрузки оборудования;

- в целях уменьшения погрешности базирования и закрепления заготовки соблюдать принципы постоянства баз и совмещения конструкторской и технологической баз. На первой операции целесообразно производить обработку тех поверхностей, относительно которых задано положение остальных или большинства конструктивных элементов детали (с целью обеспечения базы для последующих операций);

- при выборе последовательности операций стремиться к обеспечению

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

полной обработки детали при минимальном числе ее установок;

- для выявления минимально необходимого количества типоразмеров режущих инструментов при выборе последовательности обработки детали проводить группирование обрабатываемых поверхностей. Если количество инструментов, устанавливаемых в revolverной головке или в магазине, оказывается недостаточным, операцию необходимо разделить на части и выполнять на одинаковых установках, либо подобрать другой станок с более емким магазином;

- при точении заготовок типа тел вращения первоначально обрабатывается более жесткая часть (большой диаметр), а затем зона малой жесткости.

Обрабатывающий центр с ЧПУ модели DOOSAN NX 500/5AX оснащен системой ЧПУ FANUC 0 iMate – MB. Конфигурация ЧПУ FANUC 0 iMate – MB [17]:

- в каждом кадре 3 типа M-функций;
- вызов до 4 вложений подпрограмм;
- упрощенное программирование углов и скруглений для фасок и радиусов;
- циклы обработки FANUC, черновая обработка за один проход, нарезание наружной резьбы за один проход;
- циклы обработки FANUC, черновая обработка с увеличивающимся (тип I) или уменьшающимся (тип II) профилем, нарезание наружной резьбы за несколько проходов;
- циклы FANUC для осевого сверления, с удалением стружки, осевое развертывание и осевое нарезание внутренней резьбы;
- циклы SCHAUBLIN, осевое сверление, сверление с удалением стружки, осевое развертывание, осевое нарезание внутренней резьбы, торцевая канавка, внутренние и наружные канавки, наружное нарезание резьбы за несколько проходов;

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- программируемое смещение нулевой точки;
- доводка или восстановление наружной резьбы в режиме работы MANUAL GUIDE (РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ);
- обработка по направлению X - в режиме работы MANUAL GUIDE;
- копирование и переименование программ ISO;
- индикация времени обработки и количества деталей;
- индикация каталогов (программ) на экране (устройство ввода FANUC);
- пересчет размеров дюймы/метрические величины;
- 125 программ ISO;
- 32 корректоров инструмента;
- нарезание наружной резьбы с переменным шагом;
- непрерывное нарезание наружной резьбы (цепь резьбы с разными шагами);
- нарезание наружной цилиндрической резьбы;
- язык программирования макро В (для программирования циклов пользователем).

В режиме работы MANUAL GUIDE могут вводиться в память максимум 25 программ, состоящих из одного или нескольких процессов. Для простого процесса обработки (центровка, сверление, нарезание внутренней резьбы и т.д.) используется только один единственный блок памяти [17].

Для сложных процессов (черновая обработка, чистовая обработка и т.д.) в зависимости от количества программируемых геометрических элементов используется несколько блоков программы.

К тому же количество программных блоков может быть различным в зависимости от используемых геометрических фигур, которые определяет профиль.

Разработка фрагмента управляющей программы обработки для операции 005 установ А

Контур обрабатываемой детали, траектория движения инструмента, таблицы с опорными точками приведен на плакате к операции 005 установ А.

Фрагмент управляющей программы на операцию 005 представлен в таблице 11.

Таблица 11 - Фрагмент управляющей программы на операцию 005 (установ А)

1	2
Переход 1. Фрезеровать последовательно 4 поверхности 2	
%	Начало программы
O0001	Название программы
(FREZA D63)	Комментарий
T01	Выбор фрезы торцевой
M06	Смена инструмента
G17 G40 G90 G54	Выбор рабочей плоскости X-Y, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах, активизация смещения нулевой точки
G80	Отмена циклов сверления
G43 H01 D01	Взятие корректора на длину инструмента
S1466 M03	Включение оборотов шпинделя по часовой стрелке
G0 X73 Y122 Z103	Позиционирование на ускоренном ходу в опорную точку с указанными координатами
G1 X-116 F1466 M08	Линейная интерполяция на рабочей подаче в точку с указанными координатами, включение подачи СОЖ
G0 Y-62	Позиционирование на ускоренном ходу в точку с указанными координатами
G1 X73 F1466	Линейная интерполяция в точку с указанными координатами на рабочей подаче
Переход 2. Фрезеровать поверхность 5	
G0 X50 Y0 Z91	Позиционирование на ускоренном ходу в опорную точку с указанными координатами
G1 X-171 F1466	Линейная интерполяция в точку с указанными координатами на рабочей подаче
M05 M09	Выключение оборотов шпинделя и СОЖ
G30 G91 Y0 Z0	Возврат в ноль станка по указанным осям
M01	Останов по требованию

Продолжение таблицы 11

Переход 3. Сверлить 4 отверстия 17 под резьбу (SVERLO 17)		Комментарий
T02		Выбор сверла
M06		Смена инструмента
G17 G40 G90 G54		Выбор рабочей плоскости X-Y, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах, активизация смещения нулевой точки
G80		Отмена циклов сверления
G43 H02		Взятие корректора на длину инструмента
S1731 M03		Включение оборотов шпинделя по часовой стрелке
G0 X52 Y122 Z107		Позиционирование на ускоренном ходу в опорную точку с указанными координатами
G81 Z73 R2.5 F450 M08		Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ
X-132 Y122		Переход и сверление отверстия 2
X-132 Y-62		Переход и сверление отверстия 3
X52 Y-62		Переход и сверление отверстия 4
G80		Отмена цикла сверления
M05 M09		Выключение оборотов шпинделя и СОЖ
G30 G91 Y0 Z0		Возврат в ноль станка по указанным осям
M01		Останов по требованию
Переход 4. Обработать фаску в 4-х отверстиях 16		
T02		Выбор сверла
M06		Смена инструмента
G17 G40 G90 G54		Выбор рабочей плоскости X-Y, отмена компенсация длины инструмента, программирование в абсолютных размерах, активизация смещения нулевой точки
G80		Отмена циклов сверления
G43 H02		Взятие корректора на длину инструмента
S1731 M03		Включение оборотов шпинделя по часовой стрелке
G0 X52 Y122 Z107		Позиционирование на ускоренном ходу в опорную точку с указанными координатами

Окончание таблицы 11

G81 Z93.2 R2.5 F302 M08	Цикл простого сверления, перемещение инструмента в точку с указанными координатами на рабочей подаче, включение СОЖ
X-132 Y122	Переход и сверление отверстия 2
X-132 Y-62	Переход и сверление отверстия 3
X52 Y-62	Переход и сверление отверстия 4
G80	Отмена цикла сверления
M05 M09	Выключение оборотов шпинделя и СОЖ
G30 G91 Y0 Z0	Возврат в ноль станка по указанным осям
M30	Конец программы возврат в начало программы
%	Конец программы

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данном дипломном проекте производится разработка технологического процесса детали «Корпус подшипников тягового механизма» на участке механической обработки в условиях среднесерийного производства с количеством выпускаемых готовых деталей 1050 штук в год.

Разработанный технологический процесс обеспечивает технико-экономические показатели выпуска продукции высокого качества, максимальное использование обрабатывающего центра (ОЦ) с ЧПУ, применение стандартных приспособлений.

В экономической части проекта будет произведен расчет капитальных затрат и определение себестоимости изготовления детали по двум вариантам – разрабатываемому варианту и по альтернативному варианту, целью анализа является выявление наиболее выгодного с точки зрения вложенных средств и полученных результатов проекта.

По проектируемому варианту применяем вертикально-фрезерный ОЦ с ЧПУ модели NX 500/5AX и режущий инструмент фирмы «Pramet». По альтернативному варианту применяем ОЦ модели MB-46VA и инструмент фирмы «Sandvik». Оба станка имеются на предприятии и позволяют выполнить обработку детали «Корпус подшипников тягового механизма».

4.2. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле [11]:

$$K = K_{об} + K_{прс} \quad (21)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{про}$ – капитальные вложения в программное обеспечение, руб.; т.к. предприятие располагает оборудованием для программирования станков с ЧПУ, то затрат на программное обеспечение нет.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле [11]:

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3}, \quad (22)$$

где t – штучно-калькуляционное время операции, ч.;

$N_{год}$ – годовая программа производства деталей, по проектируемому варианту $N_{год}=1050$ шт.;

$F_{об}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч.;

$k_{ВН}$ – коэффициент выполнения норм времени, $k_{ВН} = 1,02$;

k_3 – нормативный коэффициент загрузки оборудования, для серийного производства, $k_3 = 0,75 \div 0,85$.

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле [11]:

$$F_{об} = F_n \left(1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (23)$$

где F_n – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч.;

K_p – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч.

Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при трёхсменной работе (ОЦ с ЧПУ):

$$F_n = 1970 \cdot 3 = 5910 \text{ ч.}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 9% для ОЦ с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, согласно формулы (23), составляет:

$$F_{об} = 5910 \cdot \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 5378 \text{ ч.}$$

Определяем количество станков по штучно-калькуляционному времени согласно раздела 2.8 по формуле (22). Данные по расчетам сводим в таблицу 12 по проектируемому варианту и таблицу 13 по альтернативному варианту.

$$C_{500/5AX} = \frac{0,83 \cdot 1050}{5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,19 \text{ шт.}$$

$$C_{MB-46VA} = \frac{1,09 \cdot 1050}{5378 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 0,25 \text{ шт.}$$

После расчета всех операций значений ($T_{шт. (шт-к)}$) и (C_p), устанавливаем принятое число рабочих мест (C_n), округляя для ближайшего целого числа полученное значение (C_p) [11].

Таблица 12 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по проектируемому варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{шт. (шт-к)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, C_n	Кз.ф.
500/5AX	0,83	0,19	1	0,19
	$\Sigma T_{шт. (шт-к)} = 0,83$	0,19	$\Sigma C_n = 1$	

Таблица 13 - Количество станков по штучно-калькуляционному времени по альтернативному варианту

Модель станка	Штучно-калькуляционное время ($T_{шт. (шт-к)}$), ч.	Расчетное количество станков, C_p	Принимаемое количество станков, C_n	Кз.ф.
MB-46VA	1,09	0,25	1	0,25
	$\Sigma T_{шт. (шт-к)} = 1,09$	0,25	$\Sigma C_n = 1$	

Определений капитальных вложений в оборудование

Сводная ведомость оборудования представлена в таблице 14 по проектируемому варианту и в таблице 15 по альтернативному варианту.

Таблица 14 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.				Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	500/5AX	1	22	22	8563,5	-	-	-	8563,5
Итого		1		22					8563,5

Капитальные вложения в оборудование ($K_{об}$) с учётом загрузки станка на 21% составляют $0,19 \cdot 8563,5 = 1627,1$ т. руб.

Таблица 15 – Сводная ведомость оборудования по альтернативному варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, т. руб.				Стоимость всего оборудования, т. руб.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
ОЦ с ЧПУ	MB-46VA	1	25	25	10563,1	-	-	-	10563,1
Итого		1		25					10563,1

Капитальные вложения в оборудование ($K_{об}$) с учётом загрузки станка на 25% составляют $0,25 \cdot 10563,1 = 2640,8$ т. руб.

4.3. Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле [11]:

$$C = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (24)$$

где $Z_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату, руб.;

$Z_{\text{э}}$ – зарплата на технологическую энергию, руб.;

$Z_{\text{об}}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

$Z_{\text{осн}}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, руб.;

$Z_{\text{и}}$ – затраты на малоценный инструмент, руб.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [11]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (25)$$

где $Z_{\text{пр}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, руб.;

$Z_{\text{н}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, руб.;

$Z_{\text{к}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, руб.;

$Z_{\text{тр}}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, руб.

Численность станочников вычисляем по формуле [11]:

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_{\text{р}}}, \quad (26)$$

где $F_{\text{р}}$ – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1970 ч.;

$k_{\text{мн}}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,
 $k_{\text{мн}}=1$;

t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, по обоим вариантам

$N_{\text{год}} = 1050$ шт.

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год:

365 – календарное количество дней;

118 – количество выходных и праздничных дней;

247 – количество рабочих дней, из них: 6 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч;

241 – рабочие дни продолжительностью 8 ч;

потери: 28 – отпуск очередной, 2 – потери по больничному листу, 6 – прочие; итого потерь – 36 дней).

Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1682 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (27).

Результаты вычислений сводим в таблицу 16 по проектируемому варианту и в таблицу 17 по альтернативному варианту.

Таблица 16 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	124,1	0,83	103,0	0,52
Итого				103,0	0,52

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$З_{зп} = 103,0 \cdot 1050 = 108150 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{мн}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,16; K_p = 1,15.$$

$$З_{зп} = 108150 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 144272,1 \text{ руб.}$$

Таблица 17 – Затраты на заработную плату станочников по альтернативному варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Штучно-калькуляционное время, ч.	Заработная плата, руб.	Численность станочников, чел.
Комплексная на ОЦ с ЧПУ	3	124,1	1,09	135,3	0,68
Итого				135,3	0,68

Определим затраты на заработную плату на годовую программу:

$$З_{зп} = 135,3 \cdot 1050 = 142065 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{мн}} = 1; K_{\text{доп}} = 1,16; K_p = 1,15.$$

$$З_{зп} = 142065 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 189514,7 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле [11]:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_p \cdot Ч_{\text{всп}} \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_p}{N_{\text{год}}}, \quad (27)$$

где F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, $N_{\text{год}} = 1050$ шт.;

K_p – районный коэффициент, $K_p = 1,2$;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,

$$K_{\text{доп}} = 1,23;$$

$C_T^{\text{всп}}$ – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, руб.;

$Ч_{\text{всп}}$ – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, руб.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{g_n \cdot n}{H}, \quad (28)$$

где $g_{\text{п}}$ – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет $g_{\text{п}} = 0,19$ шт.;

n – число смен работы оборудования, $n = 3$;

H – число станков, обслуживаемых одним наладчиком, $H = 10$ шт.

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,19 \cdot 3}{10} = 0,06 \text{ чел.}$$

Аналогично определим численность электронщиков, при условии обслуживания электронщиком 5-ти станков:

$$Ч_{\text{элек}} = \frac{0,19 \cdot 3}{5} = 0,12 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников, отсюда:

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,05 \cdot 0,52 = 0,01 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,07 \cdot 0,52 = 0,01 \text{ чел.}$$

По формуле (27) произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал}} = \frac{69,4 \cdot 1682 \cdot 0,06 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1050} = 9,8 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{55,8 \cdot 1682 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1050} = 1,3 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{50,8 \cdot 1682 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1050} = 1,2 \text{ руб.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, приходящуюся на одну деталь, сводим в таблицу 18 по проектируемому варианту и в таблице 19 по альтернативному варианту.

Таблица 18 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по обоим вариантам

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	69,4	0,06	9,8
Транспортный рабочий	55,8	0,01	1,30

Электронщик	88,5	0,12	25,1
Контролер	50,8	0,01	1,20
Итого		0,20	37,4

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 37,4 \cdot 1050 = 39270 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (25):

$$З_{зп} = 144272,1 + 39270 = 183524,1 \text{ руб.}$$

Таблица 19 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по обоим вариантам

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, руб.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, руб.
Наладчик	69,4	0,08	13,1
Транспортный рабочий	55,8	0,01	1,3
Электронщик	88,5	0,15	31,4
Контролер	50,8	0,01	1,2
Итого		0,25	47,0

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 47 \cdot 1050 = 49350 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (25):

$$З_{зп} = 189514,7 + 49350 = 238864,7 \text{ руб.}$$

Страховые взносы

Страховые взносы в фонд страхования составляют 30% от фонда заработной платы.

Проектируемый вариант $183524,1 \cdot 0,3 = 55057,2$ руб.

Альтернативный вариант $238864,7 \cdot 0,3 = 71659,4$ руб.

Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной детали-операции, рассчитываем по формуле [11]:

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$З_э = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{вр} \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t}{\eta \cdot k_{вн}} \cdot Ц_э, \quad (29)$$

где N_y – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,
 $k_N = 0,2 \div 0,4$;

$k_{вр}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, для крупносерийного производства $k_{вр} = 0,7$;

$k_{од}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка, $k_{од} = 0,75$ – при двух двигателях и $k_{од} = 1$ при одном двигателе;

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия, $k_w = 1,04 \div 1,08$;

η – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту станка);

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм, $k_{вн} = 1,02$;

$Ц_э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $Ц_э = 3,54$ руб.

Производим расчеты по вариантам по формуле (29):

$$З_э(500/5AX) = \frac{22 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 0,83}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 11,8 \text{ руб.};$$

$$З_э(МВ-46VA) = \frac{25 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1,06 \cdot 1,09}{0,9 \cdot 1,02} \cdot 3,54 = 17,5 \text{ руб.};$$

Результаты расчета сводим в таблицу 20 по проектируемому варианту и в таблицу 21 по альтернативному варианту.

Таблица 20 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
500/5AX	22	0,83	11,8
Итого			11,8

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию по альтернативному варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч.	Затраты на электроэнергию, руб.
МВ-46VA	25	1,09	17,5
Итого			17,5

Определим затраты на электроэнергию за год:

$$З_3 = 11,8 \cdot 1050 = 12390 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

$$З_3 = 17,5 \cdot 1050 = 18375 \text{ руб. (альтернативный вариант).}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (30)$$

где $C_{рем}$ – затраты на ремонт технологического оборудования, руб.;

$C_{ам}$ – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, руб.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле [11]:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_z \cdot k_{вн}}, \quad (31)$$

где $Ц_{об}$ – цена единицы оборудования, руб.;

$H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений, $H_{амН} = 8\%$;

t – штучно-калькуляционное время, мин.;

$F_{об}$ – годовой действительный фонд работы оборудования,

$F_{обНОВ} = 5910 \text{ ч.};$

k_z – нормативный коэффициент загрузки оборудования, $k_z = 0,85$;

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм, $k_{\text{вн}} = 1,02$.

Производим расчеты по вариантам по формуле (31):

$$C_{\text{ам}}(500/5AX) = \frac{8563500 \cdot 0,08 \cdot 0,83}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 110,9 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ам}}(\text{МВ-46VA}) = \frac{10563100 \cdot 0,08 \cdot 1,09}{5910 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 179,8 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования ($C_{\text{рем}}$) определяем по количеству ремонтных единиц и стоимости одной ремонтной единицы:

$C_{\text{РЕ}} = 879 \text{ р.}$ Вычисления производим по формуле [11]:

$$C_{\text{рем}} = \frac{C_{\text{РЕ}} \cdot \Sigma Re}{t \cdot N_{\text{год}}}, \quad (32)$$

где ΣRe - суммарное количество ремонтных единиц по количеству станков одного типа;

t – штучно-калькуляционное время, мин;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

Производим вычисление затрат на текущий ремонт оборудования по формуле (32):

$$C_{\text{рем}}(500/5AX) = \frac{879 \cdot 0,19}{0,83 \cdot 1050} = 0,2 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рем}}(\text{МВ-46VA}) = \frac{879 \cdot 0,25}{1,09 \cdot 1050} = 0,2 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования заносим в таблицу 22 по проектируемому варианту, а в таблицу 23 по альтернативному варианту.

Таблица 22 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по проектируемому варианту

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчисле-	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.731.ПЗ	
					Лист 63	

			ний, %			
500/5AX	8563,5	1	8	0,83	110,9	0,20

Таблица 23 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по альтернативному варианту

Модель станка	Стоимость, т. руб.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт, руб.
МВ-46VA	1056,31	1	8	1,09	179,8	0,2

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле (30):

$$З_{\pi} = 110,9 + 0,2 = 111,1 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

$$З_{\pi} = 179,8 + 0,2 = 180,0 \text{ руб. (альтернативный вариант).}$$

Затраты на эксплуатацию инструмента

На основании опыта внедрения инструмента на ряде предприятий уральского региона предлагается вычислять затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента по формуле [11]:

$$З_{\text{зи}} = (\text{Ц}_{\text{пл}} \cdot n + (\text{Ц}_{\text{корп}} + k_{\text{компл}} \cdot \text{Ц}_{\text{компл}}) \cdot Q^{-1}) \cdot T_{\text{маш}} \cdot (T_{\text{ст}} \cdot b_{\text{фи}} \cdot N)^{-1}, \quad (33)$$

где $З_{\text{зи}}$ - затраты на эксплуатацию сборного инструмента, руб.;

$\text{Ц}_{\text{пл}}$ - цена сменной многогранной пластины, руб.;

n - количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$\text{Ц}_{\text{корп}}$ - цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца, корпуса сборной фрезы/сверла), руб.;

$C_{\text{компл}}$ - цена набора комплектующих изделий (опорных пластин, клиновых прижимов, накладных стружколомов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.), руб.;

$k_{\text{компл}}$ – коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Коэффициент - эмпирический, величина его зависит от условий использования инструмента и качества его изготовления, от режимов резания и общего уровня технической культуры предприятия.

Максимальное значение $k_{\text{компл}}=5$ соответствует обдирочному точению кованных или литых заготовок с соответствующим качеством обрабатываемых поверхностей;

Q - количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Величина Q также определена опытным путем и зависит от условий обработки и формы сменной пластины.

Значения показателя Q рекомендованные для условий получистовой токарной обработки представлены в таблице;

N - количество вершин сменной многогранной пластины, шт.

Для круглой пластины рекомендуется принимать $N = 6$;

$b_{\text{фи}}$ - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента.

Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

$T_{\text{маш}}$ - машинное время, мин;

$T_{\text{ст}}$ - период стойкости инструмента, мин.

В таблицу 24 внесем параметры инструмента.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 24 – Параметры прогрессивного инструмента по проектируемому варианту

Операция	Инструмент	Машинное время, мин	Цена единицы инструмента, руб.	Суммарн. период стойкости инструмента, мин	Затраты на переточку инструмента, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Фреза 63A05R-	0,52	24563		-	0,90	1,41
	S45OD06D-A СМП ODMT 0605ZZN 8230		415	310			
	Фреза 80A06R-S45OD06D-A СМП ODMT 0605ZZN 8230	0,18	18563		-	0,90	1,02
			483	305			
	Фреза 36A4R042 B32-SSO09-C СМП SOMT 09T304-P 8230	0,41	22360		-	0,90	3,85
			395	205			
	Сверло 803D-24.5 СМП ХРЕТ 0703AP 8040	0,17	24125		-	0,90	1,03
			403	207			
	Сверло 303DA-13.8-43-	0,41	3562	178	-	0,90	0,41

	A14M						
	Сверло 301CS- 16.0-150- P90A16	0,09	4863	196	-	0,90	0,46
	Развертка B16125.0, HSS-E	0,50	6896	179	-	0,90	0,51

Окончание таблицы 24

1	2	3	4	5	6	7	8
005	Головка расточная D 04290 402 СМП CCGT 120404ER- SI T8330	0,98	26506 209	 168	-	0,90	5,21
	Головка расточная A 04290 300 СМП TCMT 16T304E- FM T8330	1,67	25306 308	224	-	0,90	3,21
	Фреза R335.15- 25034.3-03- 2 СМП R335.15- 13215FG- E08 F40M	0,43	22346	178	-	0,90	0,56
	Метчик E782M16 HSS	0,03	4863	178	-	0,90	0,29
	Сверло 303DA-6.8- 43-A08M	0,03	6325	194	-	0,90	0,05
	Итого						18,01

Определим затраты на эксплуатацию инструмента для альтернативного варианта

Для альтернативного варианта будем использовать инструмент фирмы «Sandvik». Стоимость инструмента фирмы «Sandvik» на 13,5% выше чем стоимость инструмента фирмы «Pramet» применяемого в проектируемом варианте. Так же время обработки альтернативного варианта по сравнению с проектируемым, на 23,9% выше. Учитывая все вышеперечисленные факторы, определим затраты на эксплуатацию инструмента для альтернативного варианта:

$$З_{\text{эл(альт)}} = 18,01 \cdot 1,135 \cdot 1,239 = 25,3 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости выпуска одной детали сводим в таблицу 25.

Таблица 25 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Проектируемый вариант	Сумма, руб. Альтернативный вариант
Заработная плата с начислениями	227,2	295,7
Затраты на технологическую электроэнергию	11,8	17,5
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	111,1	180,0
Затраты на инструмент	18,01	25,3
Итого	368,1	518,5

Определение экономической целесообразности от применения ОЦ модели NX 500/5AX

Инвестиции в проектируемый (п) и альтернативный (а) вариант:

$$И_{\text{П}} = 1627,1 \text{ руб.}, И_{\text{А}} = 2640,8 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от реализации каждого варианта проекта:

$$Э_{\text{П}} = 368,1 \text{ руб.}, Э_{\text{А}} = 518,5 \text{ руб.}$$

Применение ОЦ модели NX 500/5AX более экономически целесообраз-

но по сравнению с применением ОЦ модели МВ-46VA, так как проектируемый вариант имеет меньшие инвестиции и больший экономический эффект по сравнению с альтернативным вариантом.

Анализ уровня технологии производства

Анализ уровня технологии производства является составляющей частью анализа организационно-тематического уровня производства.

Удельный вес каждой операции определяется по формуле [11]:

$$Y_{\text{оп}} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\%, \quad (34)$$

где T^t – штучно-калькуляционное время на каждую операцию;

T – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (34):

$$Y_{\text{оп}} (500/5AX) = \frac{0,83}{0,83} \cdot 100\% = 100\%.$$

Доля прогрессивного оборудования

Доля прогрессивного оборудования определяется по его стоимости в общей стоимости использования оборудования и по количеству. Удельный вес по количеству прогрессивного оборудования определяется по формуле:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{g_{\text{пр}}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (35)$$

где $g_{\text{пр}}$ – количество единиц прогрессивного оборудования, $g_{\text{пр}} = 1$ шт.;

g_{Σ} – общее количество использованного оборудования, $g = 1$ шт.

$$Y_{\text{пр}} = \frac{1}{1} \cdot 100\% = 100\%.$$

Определим производительность труда на программной операции [11]:

$$B = \frac{F_p \cdot \kappa_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (36)$$

где F_p – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч.;

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в разработанном техпроцессе:

$$B_{\text{пр.}} = \frac{1682 \cdot 1,2 \cdot 60}{49,8} = 2431,8 \text{ шт/чел.год}$$

В таблице 26 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 26 - Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей по проектному варианту
Годовой выпуск деталей	шт.	1050
Количество видов оборудования	шт.	1
Количество рабочих	чел.	1
Сумма инвестиций	тыс. руб.	1627,1
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	0,83
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе: - затраты на инструмент - заработная плата рабочих	руб.	368,1 18,0 227,2
Доля прогрессивного оборудования	%	100
Производительность труда	шт/чел.год	2431,8
Коэффициент загрузки оборудования		0,19

В результате разработки технологического процесса механической обработки детали «Корпус подшипников тягового механизма», определена технологическая себестоимость изготовления одной детали с применением ОЦ NX 500/5AX, в сумме 368,1 руб., что на 23,9% ниже, чем в альтернативном варианте с применением ОЦ модели MB-46VA.

5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Вопросы подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих кадров в условиях рыночных отношений приобретают особую актуальность. Важное значение решения этой проблемы имеет на уровне предприятия, положение которого в условиях рыночной экономики коренным способом изменилось. Становясь объектом товарно-денежных отношений, обладающим экономической самостоятельностью и полностью отвечающим за результаты своей деятельности, на предприятии должна быть сформирована также система подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих кадров, которая обеспечила бы ему высокую эффективность работы, конкурентную способность и устойчивость положения на рынке.

В настоящее время перед профессиональным обучением рабочих кадров встал целый ряд принципиально важных задач, обусловленных потребностями адаптации предприятий к рынку, проведением модернизации и перепрофилирования производств, реструктуризацией занятости и изменением требований к качеству рабочей силы.

Современное производство предъявляет высокие требования к рабочим кадрам и системе подготовки, переподготовки и повышения квалификации в условиях рыночных отношений. В ходе научно-

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

технического прогресса одни профессии отмирают, другие появляются, третьи модифицируются. Уплотняется трудовой ритм, меняются технические средства. Всё это порождает необходимость в новых формах подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих кадров.

В настоящее время встают вопросы: как в этих условиях организовать обучение, по каким профессиям вести подготовку и переподготовку, каким должно быть учебно-методическое обеспечение, где найти источники финансирования, какова роль государства в поддержке обучения и его регулировании. Необходимость решения этих вопросов ощущается всё острее и предприятиями и службами занятости.

Анализ профессионального стандарта по профессии «Токарь-расточник»

Анализ содержания профессиональной деятельности токаря-расточника был проведен с использованием профессионального стандарта «Токарь-расточник», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 24 декабря 2015г. № 1138н, регистрационный номер 740.

В соответствии с профессиональным стандартом требования к рабочему по профессии «Токарь-расточник» 5 разряда представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Анализ обобщенной трудовой функции

Наименование	Обработка сложных заготовок и узлов на универсальных расточных станках	Код	D	Уровень квалификации	4
Возможные наименования должностей	Токарь-расточник 5-го разряда				
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих; Профессиональное обучение – программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, программы переподготовки рабочих, программы повышения квалификации рабочих				
Требования к опыту практической работы	Не менее двух месяцев работы по обработке сложных заготовок и узлов на специализированных координатно-				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.731.ПЗ
					Лист
					72

	расточных и алмазно-расточных станках
Особые условия допуска к работе	Прохождение инструктажа по охране труда и пожарной безопасности на рабочем месте. При необходимости использования грузоподъемного оборудования для установки и снятия деталей необходимо прохождение обучения по выполнению работ с использованием грузоподъемного оборудования, с отметкой о периодическом (или внеочередном) прохождении проверок знаний производственных инструкций Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в порядке, установленном законодательством Российской Федерации

Трудовая функция «Обработка сложных заготовок и узлов на универсальных расточных станках» имеет код D/01.4 - D/02.4 и принадлежит четвертому уровню квалификации. В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции представленные в таблице 28.

Таблица 28 - Трудовые функции

Обработка сложных заготовок и узлов с большим числом обрабатываемых наружных и внутренних поверхностей с точностью 6–7 квалитет на универсальных расточных станках	D/01.4
Контроль параметров сложных деталей и узлов с помощью контрольно-измерительных инструментов и приборов, обеспечивающих погрешность не ниже 0,0075 мм, и калибров, обеспечивающих погрешность не менее 0,015	D/02.4

Выбрана трудовая функция D/01.4 «Обработка сложных заготовок и узлов с большим числом обрабатываемых наружных и внутренних поверхностей с точностью 6–7 квалитет на универсальных расточных станках», ее анализ приведен в таблице.

Таблица 29 - Анализ трудовой функции D/01.4

Наименование	Обработка сложных заготовок и узлов с большим числом обрабатываемых наружных и внутренних поверхностей с точностью 6–7 квалитет на универсальных расточных станках	Код	D/01.4	Уровень (подуровень) квалификации	4
1	2				
Трудовые действия	Подготовка и обслуживание рабочих мест по стадиям технологического процесса				
	Выполнение технологических операций при обработке сложных деталей				

					ДП 44.03.04.731.ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			73

и узлов с большим числом обрабатываемых наружных и внутренних поверхностей по 6–7 квалитетам на универсальных расточных станках
Обработка деталей и узлов с выверкой в нескольких плоскостях с применением стоек, борштанг, летучих суппортов и фрезерных головок
Нарезание резьбы различного профиля и шага
Координатное растачивание отверстий в приспособлениях и без них с передвижением по координатам при помощи индикаторов и микрометрических плиток
Растачивание отверстий на алмазно-расточных станках всех типов в сложных деталях по 6 квалитету
Установка деталей в различных приспособлениях, универсальных патронах, на угольнике и на планшайбе с точной выверкой по индикатору не более 0,02 мм

Продолжение таблицы 29

1	2					
Необходимые умения	Подготавливать и содержать рабочие места по стадиям технологического процесса в соответствии с требованиями охраны труда, производственной санитарии, пожарной безопасности и электробезопасности					
	Подготавливать инструмент и приспособления, выполнять обработку и измерения наружных и внутренних поверхностей с труднодоступными для обработки и измерений местами					
	Фрезеровать плоскости, замки, растачивать отверстия с подрезанием торцов по заданным координатам корпусов, головок, конусных и сферических узлов					
	Производить окончательное растачивание отверстий под подшипники корпусов редукторов с пересекающимися осями отверстий					
	Производить окончательное растачивание корпусов опорных подшипников диаметром свыше 400 мм, шатунов главных паровых машин с расстоянием между центрами свыше 1800 мм, блоков цилиндров двигателя, корпусов поплавковых клапанов					
	Производить разметку и нанесение точных рисок на шкалы и нониусы					
	Растачивать и фрезеровать пазы «ласточкин хвост» шаботов штамповочных молотов					
	Растачивать отверстия шестерен порталных кранов со смещенным отверстием для цапфы кривошипно-шатунного механизма					
	Растачивать рамы тележек мостовых электрических кранов, приспособления многоместные и штампы многопуансонные					
	Сверлить, растачивать отверстия, фрезеровать пазы панелей электрических					
	Растачивать отверстия в плоскостях, расположенных под различными углами кондукторов					
	Производить окончательное растачивание отверстий для нарезания резьбы корпусов компрессоров					
	Растачивать отверстия под запрессовку подшипников качения корпусов многошпиндельных головок					
	Производить разметку, сверление и растачивание отверстий калибров и различных приспособлений					
	Растачивать вкладыши после заливки клетей шестеренных прокатных					
					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

	станов
	Производить разметку рабочего корпуса, сверлить и растачивать сложные матрицы для штампов, пресс-формы, формы для литья под давлением
	Производить окончательное растачивание отверстий корпусов передних бабок металлорежущих станков
	Растачивать и подрезать суппорты крупных токарных, фрезерных и других станков
	Размечать, сверлить и растачивать сложные шаблоны и лекала для распределительных кулачков и копиров

Окончание таблицы 29

1	2
Необходимые знания	Правила содержания рабочих мест, требования охраны труда, производственной санитарии, пожарной безопасности и электробезопасности
	Конструктивные особенности и правила проверки на точность расточных станков различных конструкций, универсальных и специальных приспособлений
	Геометрия, правила термообработки, заточки и доводки различного режущего инструмента
	Способы достижения установленной точности и чистоты обработки
	Правила определения режима резания по справочникам и паспорту расточного станка

Анализ профессионального стандарта по профессии Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Анализ содержания профессиональной деятельности оператора-наладчика обрабатывающих центров с числовым программным управлением был проведен с использованием профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н, регистрационный номер 131:

В соответствии с профессиональным стандартом требования к рабочему по профессии «Оператор обрабатывающих центров» 4 разряда представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Анализ обобщенной трудовой функции

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Наименование	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	Код	А	Уровень квалификации	2
1		2			
Возможные наименования должностей		Наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров (4-й разряд) Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й			

Окончание таблицы 30

1	2
Возможные наименования должностей	квалификации Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 2-й квалификации
Требования к образованию и обучению	Среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих)
Требования к опыту практической работы	-
Особые условия допуска к работе	Прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований) в установленном законодательством Российской Федерации порядке
	Прохождение работником инструктажа по охране труда на рабочем месте

Трудовая функция «Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей» имеет код А/01.2- А/07.2 и принадлежит второму уровню квалификации.

В рамках анализируемой обобщенной трудовой функции, обучаемый должен уметь выполнять следующие трудовые функции представленные в таблице 31.

Таблица 31 - Трудовые функции

Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	А/01.2
Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по технологической карте	А/02.2
Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	А/03.2
Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	А/04.2
Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	А/05.2
Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	А/06.2
Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	А/07.2

Выбрана трудовая функция А/01.2 - «Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и

поверхностей деталей по 8–14 квалитетам» ее анализ приведен в таблице 32.

Таблица 32 - Анализ трудовой функции А/01.2

Наименование	Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	Код	А/01.2	Уровень (подуровень) квалификации	2
1	2				
Трудовые действия	Изучение конструкторской документации станка и инструкции по наладке обрабатывающих центров				
	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам (на основе знаний и практического опыта)				
	Контроль точности и работоспособности позиционирования обрабатывающего центра с ЧПУ с помощью измерительных инструментов				
Необходимые умения	Анализировать конструкторскую документацию станка и инструкцию по наладке и определять предельные отклонения размеров по стандартам, технической документации для выполнения данной трудовой функции				
	Пользоваться встроенной системой измерения инструмента				
	Пользоваться встроенной системой измерения детали				
	Отслеживать состояние и износ инструмента				
	Читать и оформлять чертежи, схемы и графики; составлять эскизы на обрабатываемые детали с указанием допусков и посадок				
	Рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических, магнитных и электронных цепей				
	Применять контрольно-измерительные приборы и инструменты				
	Выполнять наладку одностипных обрабатывающих центров с ЧПУ				
Необходимые знания	Система допусков и посадок, степеней точности; квалитеты и параметры шероховатости				
	Параметры и установки системы ЧПУ станка				
	Наименование, стандарты и свойства материалов, крепежных и нормализованных деталей и узлов				
	Способы и правила механической и электромеханической наладки, устройство обслуживаемых одностипных станков				
	Системы управления и структура управляющей программы обрабатывающих центров с ЧПУ				
	Правила проверки станков на точность, на работоспособность и точность позиционирования				
	Устройство, правила проверки на точность одностипных обрабатывающих центров с ЧПУ				
	Устройство и правила применения универсальных и специальных приспособлений, контрольно-измерительных инструментов, приборов и инструментов для автоматического измерения деталей				
	Правила настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов				
	Правила заточки, доводки и установки универсального и специального режущего инструмента				

Окончание таблицы 32

1	2
	Основы электротехники, электроники, гидравлики и программирования в пределах выполняемой работы
	Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии и пожарной безопасности
	Правила пользования средствами индивидуальной защиты
	Требования, предъявляемые к качеству выполняемых работ
	Виды брака и способы его предупреждения и устранения
	Требования по рациональной организации труда на рабочем месте
Другие характеристики	Выполнение работ под руководством наладчика более высокой квалификации
	Наличие II квалификационной группы по электробезопасности

В итоге анализа данной трудовой функции можно сформировать учебный план переподготовки токаря-расточника в оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ в учебном центре.

Анализ тематического плана переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ и выбор темы

На предприятии переподготовка ведется в условиях отдела технического обучения. Отдел технического обучения не имеет лицензии на ведение образовательной деятельности, поэтому переподготовка ведется только для работников предприятия. Отделом технического обучения разрабатываются программы курсов и в частности программа курса переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с ЧПУ приведена в таблице 33.

Таблица 33 - Программа курса переподготовки операторов-наладчиков обрабатывающих центров с программным управлением

Название темы	Общее кол-во часов	Теоретическое обучение	Практическое обучение
1	2	3	4
Введение. Устройство станков.	2	2	
Техника безопасности при работе на станке.	2	2	
Комплектность станков и дополнительное оснащение.	2	2	

Окончание таблицы 33

1	2	3	4
Системы ЧПУ: классификация и элементная база	2	2	
Панель управления ЧПУ (Fanuc, Siemens) и пульт управления станком.	4	2	2
Ручное управление станком. Диагностика.	3	1	2
Автоматическая работа станка.	2	1	1
Использование коррекции на инструмент и системы координат заготовки.	4	2	2
Основы программирования.	4	2	2
Создание и редактирование программ.	4		4
Программирование обработки изделий при использовании вложенных циклов.	4	2	2
Приводной инструмент станка (для токарно-фрезерных станков).	1	1	
Гидравлическая система и система смазки станка.	1	1	
Система подачи СОЖ.	1	1	
Пневматическая система станка.	1	1	
Техническое обслуживание станка оператором.	2	2	
Отработка практических навыков по программированию и управлению станком.	6		6
Квалификационный экзамен	6		6
ИТОГО	45	25	20

Из программы выберем тему «Системы ЧПУ: классификация и элементная база». На эту тему отводится 2 часа - теоретическое обучение.

Данная тема рассчитана на 1 занятие длительностью 2 часа. Далее разработаем план и сценарий занятия по данной теме и методические средства для проведения занятия.

Разработка плана и сценария занятия теоретического обучения по теме «Системы ЧПУ: классификация и элементная база»

Тема «Системы ЧПУ: классификация и элементная база» изучается в течение 2 часов, то есть 1 занятие по 2 часа.

Разработаем план-конспект занятия теоретического обучения

Тема: Системы ЧПУ: классификация и элементная база

Занятие № 4. (7 и 8 часы программы – 2 часа).

Тема предыдущего занятия Комплектность станков и дополнительное оснащение.

Тема последующего занятия - Панель управления ЧПУ (Fanuc, Siemens) и пульт управления станком.

Цели занятия:

Образовательные:

- изучить виды систем ЧПУ и область их применения;
- изучить элементную базу систем ЧПУ.

Воспитательная цель – воспитывать аккуратность, интерес к предмету и к будущей профессии, дисциплину

Развивающая – развивать внимание, память, способность систематизировать факты.

Методы обучения (доминирующие): по источнику знания – словесные (рассказ, объяснение), наглядные (натуральные, описательные), практически – выполнение упражнений; по способу изложения – индуктивный метод; по организации познавательной деятельности – репродуктивный (объяснительно-иллюстративный, упражнения – практический)

План-конспект приведен в таблице 34.

Таблица 34 – План-конспект занятия по теме «Системы ЧПУ: классификация и элементная база»

Этапы и время	Содержание	Методические действия и приемы, предписанные преподавателю
1	2	3
Организационная часть (5 минут)	«Здравствуйте, ребята; все заняли свои места; прекратили разговоры; поприветствовали преподавателя; присаживайтесь. Сегодняшняя тема занятия: «Системы ЧПУ: классификация и элементная база». Да. И сдайте тетради с выполненным домашним заданием по предыдущему занятию.	Взаимное приветствие педагога и учащихся, проверить отсутствующих, (воспитание дисциплины; решительный, строгий голос, но в то же время доброжелательный настрой педагога-

Продолжение таблицы 34

1	2	3
		практиканта и учащихся). Запись темы занятия; Привлечение внимания учащихся.
Мотивационная часть (3 минуты)	Напоминаю, что у нас действует рейтинговая система, каждый учащийся набирает баллы в течение занятия. Старайтесь использовать малейшую возможность, чтобы опередить других, когда почувствуете, что настало время набирать очки.	Заинтересовать учащихся примером, чтобы они поняли важность и значимость изучаемого предмета для будущей профессии.
Актуализации опорных знаний (12 минут)	<ol style="list-style-type: none"> 1. В чём состоит сущность программного управления металлорежущими станками? 2. Назовите основные элементы станка с ЧПУ? 3. Чем станок с ЧПУ отличается от универсального станка? 4. Назовите основные функции станков с ЧПУ? 5. Как изготавливаются отверстия в отливках? 6. Из каких материалов изготавливаются инструменты, используемые на станках с ЧПУ? 7. Для чего назначаются припуски? 8. Какие требования к точности детали Вы можете назвать. 9. Чем отличается точность размеров от точности формы. 10. для чего в станках с ЧПУ применяются шаговые электродвигатели 	Проводить устный фронтальный опрос. Вопрос задавать 2 раза, добиться, чтобы все учащиеся включились в работу. Выйти на середину аудитории, активизировать учащихся на последних столах, вернуться к плакату. После каждого вопроса выходить в центр аудитории, ответы повторять и дополнять с помощью учащихся.
Изложение нового материала (40 минут)	<p>На основе достижений электроники, вычислительной техники и приборостроения были разработаны принципиально новые системы ПУ — системы ЧПУ (СЧПУ), широко используемые в промышленности. Эти системы называют числовыми потому, что величина каждого хода ИО станка задается с помощью числа. Каждой единице информации соответствует дискретное перемещение ИО на определенную величину, называемой разрешающей способностью системы ЧПУ или ценой импульса.</p> <p>В определенных пределах ИО можно переместить на любую величину, кратную разрешающей способности. Число импульсов,</p>	Нужно выдерживать темп речи в номинальном режиме, поскольку слишком быстрый темп затрудняет восприятие и понимание услышанного, при очень замедленном темпе теряется интерес и внимание учащихся; излишне громкое и слишком тихое, монотонное изложение также не дают хороших

Продолжение таблицы 34

1	2	3
Изложение нового материала (40 минут)	<p>которое можно подать на вход привода, чтобы осуществить требуемое L перемещение, определяется по формуле $N = L/q$, где q — цена импульса. Число N, записанное в определенной системе кодирования на носителе информации (перфоленте, магнитной ленте и др.), является программой, определяющей величину размерной информации.</p> <p>Станки с программным управлением (ПУ) по виду управления подразделяют на станки и системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ). Системы ЦПУ более просты, так как в них программируется только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т.е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например, с помощью упоров. В станках с ЧПУ управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.</p> <p>Система ЧПУ — это совокупность специализированных устройств, методов и средств, необходимых для реализации ЧПУ станком, предназначенная для выдачи управляющих воздействий исполнительным органам станка в соответствии с УП.</p> <p>Устройство ЧПУ (УЧПУ) станками - это часть системы ЧПУ, выполненная как единое целое с ней и осуществляющая выдачу управляющих воздействий по заданной программе.</p> <p>Числовое программное управление (ЧПУ) - это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.</p> <p>Системы ЧПУ классифицируют по следующим признакам.</p>	<p>результатов. Бывают очень уместны веселая шутка, острое слово, меткое сравнение.</p> <p>Рассказ служит для учащихся образцом построения связной, логичной, убедительной речи, учит грамотно выражать свои мысли.</p> <p>Использовать плакат по элементной базе УЧПУ</p> <p>На плакате показывать и комментировать основные элементы системы ЧПУ</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
	<p>1. По уровню технических возможностей.</p> <p>2. По технологическому назначению.</p> <p>3. По числу потоков информации (незамкнутые, замкнутые, самоприспосабливающиеся или адаптивные).</p> <p>4. По принципу задания программы (в декорированном виде, т. е. в абсолютных координатах или в приращениях от ЭВМ).</p> <p>5. По принципу привода (ступенчатый, регулируемый, следящий, шаговый).</p> <p>6. По числу одновременно управляемых координат.</p> <p>7. По способу подготовки и ввода управляющей программы.</p> <p>По уровню технологических возможностей международной классификации системы ЧПУ делятся на следующие классы: NC — системы с покадровым чтением перфоленты на протяжении цикла обработки каждой заготовки; SNC — системы с однократным чтением всей перфоленты перед обработкой партии одинаковых заготовок; CNC — системы со встроенной малой ЭВМ (компьютером, микрокомпьютером); DNC — системы прямого числового управления группами станков от одной ЭВМ; HNC — оперативные системы с ручным набором программ на пульте управления.</p> <p>По технологическому назначению системы ЧПУ подразделяются на четыре вида: позиционные; обеспечивающие прямоугольное формообразование; обеспечивающие прямолинейное формообразование; обеспечивающие криволинейное формообразование.</p> <p>Позиционные системы ЧПУ обеспечивают высокоточное перемещение (координатную установку) ИО станка в заданную программой позицию за минимальное время. По каждой координатной оси программируется только величина перемещения, а траектория перемещения может быть произвольной. Перемещение ИО из позиции в позицию осуществляется с максимальной скоростью, а переход к заданной позиции — минимальной — «ползучей» скоростью. Точность позиционирования повышается в результате подхода ИО к заданной позиции всегда с одной стороны (например, слева направо).</p>	<p>Концентрировать внимание на воспитании общественно-значимых, стержневых качеств личности учащегося, оценивать события, поступки, факты, высказывать собственное мнение, выражать свои чувства, отношения;</p> <p>Знакомить обучаемых с планом содержания рассказа, излагать материал в строгой системе, логично</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
	<p>Позиционными системами ЧПУ оснащают сверлильные и координатно-расточные станки. Системы ЧПУ, обеспечивающие прямоугольное формообразование, в отличие от позиционных систем позволяют управлять перемещением ИО станка в процессе обработки. В процессе формообразования ИО станка перемещается по координатным осям поочередно, поэтому траектория инструмента имеет ступенчатый вид, а каждый элемент этой траектории параллелен координатным осям. Чтобы сократить время перемещения ИО из одной позиции в другую, в ряде случаев используют одновременное движение по двум координатам. При грубом позиционировании подход ИО к заданной позиции осуществляется с разных сторон, а при точном позиционировании — всегда с одной стороны. Число управляемых координат в таких системах достигает 5, а число одновременно управляемых координат — 4. Указанными системами оснащают токарные, фрезерные, расточные станки.</p> <p>Системы ЧПУ, обеспечивающие прямолинейное (под любым углом к координатным осям станка) формообразование и позиционирование, управляют движением инструмента при резании одновременно по двум координатным осям (X и Y). В данных системах используют двухкоординатный интерполятор, выдающий управляющие импульсы сразу на два привода подач. Общее число управляемых координат в таких системах 2—5. Указанные системы обладают большими технологическими возможностями (по сравнению с прямоугольными) и применяются для оснащения токарных, фрезерных, расточных и др. станков.</p> <p>Системы ЧПУ, обеспечивающие криволинейное формообразование, позволяют управлять обработкой плоских и объемных деталей, содержащих участки со сложными криволинейными контурами.</p> <p>Системы ЧПУ, обеспечивающие прямоугольное и криволинейное формообразование, относятся к контурным (непрерывным системам), так как они позволяют обрабатывать заготовку по контуру.</p>	<p>Выделять ведущие положения, идеи, социально значимые представления, концентрировать на них внимание учащихся</p> <p>Подбирать яркие, типичные факты, интересные и убедительные примеры, необходимые для обобщения, опираться на конкретные представления учащихся;</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
	<p>Контурные системы ЧПУ имеют, как правило, шаговый двигатель.</p> <p>Многоцелевые (сверлильно-фрезерно-расточные) станки для расширения их технологических возможностей оснащают контурно-позиционными системами ЧПУ.</p> <p>По числу потоков информации системы ЧПУ делятся на замкнутые, разомкнутые и адаптивные.</p> <p>Разомкнутые системы ЧПУ характеризуются наличием одного потока информации, поступающего со считывающего устройства к ИО станка. В механизмах подач таких систем используют шаговые двигатели. Крутящий момент, развиваемый шаговым двигателем, недостаточен для привода механизма подачи. Поэтому указанный двигатель применяют в качестве задающего устройства, сигналы которого усиливаются различными способами, например, с помощью гидроусилителя моментов (аксиально-поршневого гидродвигателя), вал которого связан с ходовым винтом привода подачи. В разомкнутой системе нет датчика обратной связи (ДОС) и поэтому отсутствует информация о действительном положении исполнительных органов станка.</p> <p>Замкнутые системы ЧПУ характеризуются двумя потоками информации — от считывающего устройства и от ДОС по пути. В этих системах рассогласование между заданными и действительными величинами перемещения исполнительных органов устраняется благодаря наличию обратной связи.</p> <p>Адаптивные системы ЧПУ характеризуются тремя потоками информации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. От считывающего устройства. 2. От ДОС по пути. 3. От датчиков, установленных на станке и контролирующих процесс обработки по таким параметрам, как износ режущего инструмента, изменение сил резания и трения, колебание припуска и твердости материала обрабатываемой заготовки и др. Такие системы позволяют корректировать программу обработки с учетом реальных условий резания. <p>По способу подготовки и ввода управляющей</p>	<p>излагать материал доступно для учащихся, эмоционально, выразительно, в занимательной форме</p> <p>Излагать в замедленном темпе трудную часть учебного материала, когда нужно сформулировать вывод, определение, правило: избегать употребления слов типа: „как сказать, „значит , „это самое и т.п.</p> <p>Показать и рассказать о типах систем ЧПУ и на примере показать эти типы.</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
	<p>программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав систем ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).</p> <p>Программируемые контроллеры</p> <p>Программируемые контроллеры - это устройства управления электроавтоматикой станка. Большинство программируемых контроллеров имеют модельную конструкцию, в состав которой входят источник питания, процессорный блок и программируемая память, а также различные модули входов/выходов. Для создания и отладки программ работы станка применяют программирующие аппараты. Принцип работы контроллера: опрашиваются необходимые входы/выходы и полученные данные анализируются в процессорном блоке. При этом решаются логические задачи, и результат вычисления передается на соответствующий логический или физический выход для подачи в соответствующий механизм станка.</p> <p>В программируемых контроллерах используют различные типы памяти, в которой хранится программа электроавтоматики станка: электрическую перепрограммируемую энергонезависимую память; оперативную память со свободным доступом; стираемую ультрафиолетовым излучением и электрически перепрограммируемую.</p> <p>Программируемый контроллер имеет систему диагностики: входов/выходов, ошибки в работе процессора, памяти, батареи, связи и других элементов. Для упрощения поиска неисправностей современные интеллектуальные модули имеют самодиагностику.</p> <p>Программоноситель может содержать как</p>	<p>Продемонстрировать программируемый контроллер. Показать его назначение и расположение в модуле ЧПУ</p> <p>Показать программатор для микроконтроллеров.</p> <p>Привести примеры программоносителей для систем ЧПУ</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
	геометрическую, так технологическую информацию. Технологическая информация обеспечивает определенный цикл работы станка, а геометрическая - характеризует форму, размеры элементов обрабатываемой заготовки и инструмента и их взаимное положение в пространстве.	
Закрепление изученного материала (20 минут)	<p>Группа делится на 4 мини-группы. Каждой мини-группе дается задание подобрать программатор для системы ЧПУ (функция – управление шаговыми двигателями). Выдается программа, приведенная в приложении на диске для задания параметров работы шагового двигателя</p> <p>Задания: Подобрать параметры работы шагового двигателя для обработки:</p> <p>Подгруппа 1 – Окружности в шестиугольник Подгруппа 2 – Окружности в восьмиугольник Подгруппа 3 – Окружности в треугольник Подгруппа 4 – Окружности в квадрат</p> <p>Таковыми параметрами являются: - количество шагов ротора двигателя - угол поворота ротора двигателя - количество поворотов ротора двигателя - скорость поворота ротора двигателя - направление поворота ротора двигателя</p>	<p>Для того, чтобы обеспечить активное участие студентов, группа должна состоять из 4-6 человек. Изменчивый состав групп в течение курса будет способствовать более широкому обмену опытом между слушателями.</p> <p>Необходимо составлять специальные задания и вопросы для того, чтобы направлять работу группы в нужном направлении и уложиться во время, отведенное для выполнения задания. При выполнении упражнений на решение практической задачи учащимся представляется ситуация из реальной жизни или описание проведенного исследования со связанными с этим проблемами, но без указания способов их решения. Этот методический прием требует от обучаемых рассмотреть проблему так, как они должны были бы сделать это в реальной жизни, использовать факты и</p>

Продолжение таблицы 34

1	2	3
		суждения для анализа причин ее возникновения и предложить пути ее решения. Для обрисовки основных проблем ситуации участникам должен быть предоставлен достаточный объем информации, однако при этом не нужно раскрывать все детали. Учащихся нужно поощрять к додумыванию деталей, используя их собственный опыт для наглядного их представления.
Заключительная часть (10 минут)	<p>Таким образом, мы выяснили, что станки с программным управлением (ПУ) по виду управления подразделяют на станки и системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ).</p> <p>Системы ЦПУ более просты, так как в них программируется только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т.е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например, с помощью упоров. В станках с ЧПУ управление осуществляется от программоносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.</p> <p>Итак:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Назовите типы систем ЧПУ? 2. Для чего применяются замкнутые и разомкнутые системы ЧПУ? 3. Приведите примеры программоносителей 4. Приведите примеры элементных устройств с ЧПУ 5. Для чего нужны программируемые контроллеры и программаторы? 	<p>Вопрос задавать 2 раза, добиться, чтобы все учащиеся включились в работу. Выйти на середину аудитории, активизировать учащихся на последних столах, вернуться к плакату.</p> <p>После каждого вопроса выходить в центр аудитории, ответы повторять и дополнять с помощью учащихся.</p>
Выдача домашнего задания	Выдать домашнее задание на следующее занятие – проработать параграф 1 главы 4 из учебника.	Показать учебник. Показать главу и параграф, пояснить

Окончание таблицы 34

1	2	3
(5 минут)	Заполнить обзорно-повторительную таблицу	какие страницы нужно проработать и на какие вопросы нужно ответить.

Разработка дидактических средств для занятия

В рамках методической части разработаем листы рабочей тетради по данной теме. Эти листы заполняются обучаемыми в ходе выполнения домашнего задания и позволяют систематизировать знания по системам ЧПУ и особенностям их применения. Листы рабочей тетради рассчитаны на работу с учебником в течение 1 часа. Учащиеся читают учебник и по полученным сведениям заполняют листы.

Листы рабочей тетради по теме «Системы ЧПУ: классификация и элементная база» приведена ниже.

Листы рабочей тетради по теме «Системы ЧПУ: классификация и элементная база»

Прочитайте учебник и заполните недостающие графы.

1. Классификация систем ПУ станками



3. Приведите классификацию систем ЧПУ по уровню технологических возможностей

Классификация систем ЧПУ по уровню технологических возможностей	
→	
→	
→	
→	
→	

4. Приведите классификацию систем ЧПУ по технологическому назначению

Классификация систем ЧПУ по технологическому назначению	
→	
→	
→	
→	

5. Приведите классификацию систем ЧПУ по числу потоков информации

Классификация систем ЧПУ по числу потоков информации	
→	
→	
→	

6. Приведите классификацию систем ЧПУ по способу подготовки и ввода управляющей программы

Классификация систем ЧПУ по способу подготовки и ввода управляющей программы	
→	
→	
→	
→	

7. Дополните

Важнейшей технической характеристикой систем ЧПУ является ее _____ или _____, т. е. минимально возможная величина линейного и углового хода ИО станка, соответствующая одному _____, т. е. контролируемая в процессе управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в дипломном проекте был разработан технологический процесс механической обработки детали «Корпус подшипника тягового механизма» в условиях среднесерийного производства с использованием оборудования с ПУ.

В разработанной технологии применяется современный высокопроизводительный обрабатывающий центр с программным управлением.

Это позволило сократить время механической обработки, уменьшить тяжесть труда привлеченных к обработке детали рабочих.

Также была разработана управляющая программа на комплексную операцию с ЧПУ.

В экономической части проекта был произведен расчет капитальных затрат и определена себестоимости изготовления детали по двум вариантам – разрабатываемому варианту и по альтернативному варианту, целью анализа являлось выявление наиболее выгодного варианта с точки зрения вложения средств и полученных результатов проекта.

В методической части проекта была разработана методика проведения занятия теоретического обучения для повышения квалификации операторов станков с ЧПУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А., Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов – 5-е изд., переработка и дополнение – М.: ООО ИД «Альянс», 2007.-256 с.
2. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 112с.
3. Должиков В. П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во. ТПУ, 2003. – 324с.
4. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие-Екатеринбург: Издательство Урал. Гос. проф.- пед. университета 2012.- 169 с.
5. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013. 137с.
6. Методические указания к выполнению практической работы. «Оформление технологической документации» по дисциплине «Технология машиностроения». Екатеринбург, ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. 41с.
7. Могильников В. А. Технология производства. Технологический анализ чертежа детали: методические указания к практическим занятиям, контрольно-курсовым и контрольным работам для студентов машиностроительных специальностей / В. А. Могильников. – Тула: изд-во ТулГУ, 2009. – 18 с.
8. Панов А. А., Аникин В. В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. Машиностроение: 2004. – 526с.
9. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г.

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Косиловой и Р.К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.1-656 с., ил.

10. Справочник технолога – машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова 6-е изд., перераб и доп.-М.: машиностроение, 2005.-Т.2-612 с., ил.

11. Техничко-экономические расчёты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах): Учеб. пособие / Авт. –сост. Е. И. Чучкалова, Т. А. Козлова, В. П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т» , 2013. 66 с.

12. Филонов И.П., Беяев Г.Я., Кожуро Л.М. и др. – Под общей ред. Филонова И.П. Учебное пособие для вузов. – Мн.: Технопринт, 2003. - 910 с.

13. Электронный каталог «Pramet», Фрезерование, 2012 г.

14. Электронный каталог «Pramet», Обработка отверстий, 2014 г.

15. Электронный каталог «Dormer», 2015 г.

16. Электронный каталог «Seco», Фрезерование, 2015 г.

17. Электронное руководство по эксплуатации Fanuc.

18. <https://studfiles.net/preview/5226139/page:7/>

19. <http://uas.su/books/spesialmethodsforcasting/21/razdel21.php>

20. <http://poliformdeta.com/materialy-dlya-kokilej-3/>

21. <https://cftech.ru/>

22. <http://www.sib.perytone.ru/metal/309/1953/>

23. <http://metallicheckiy-portal.ru/>

24. <http://doosan-stanki.ru/>

25. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/>

26. <https://toolingrad.ru/>

27. http://www.koround.ru/catalog/plastiny_smennnye/

28. <http://met-all.org/oborudovanie/prochee/razvertka-po-metallu/>

29. <http://mashinform.ru/import/obrabatyvaiushchie-centry/>

30. <https://pumori-invest.ru/oborudovanie/vertikalno-frezernye-stanki-schpu/>

					ДП 44.03.04.731.ПЗ	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень листов графических документов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов	Примечание
1.Корпус подшипника тягового механизма Отливка	ДП 44.03.04.731.01	A1	1	
2. Корпус подшипника тягового механизма	ДП 44.03.04.731.02	A1	1	
3. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.731.03	A1	1	
4. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.731.04	A1	1	
5. Иллюстрация техпроцесса	ДП 44.03.04.731.05	A2	1	
6. Иллюстрация программной операции	ДП 44.03.04.731.06	A1	1	